

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JANVIER 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PALÉONTOLOGIE. — *Australopithèques, Pithécanthropes et structure phylétique des Hominien*s. Note de M. PIERRE TEILHARD DE CHARDIN.

Au cours d'un récent voyage en Afrique du Sud ⁽¹⁾, j'ai pu, aidé par les chercheurs de là-bas, mesurer sur place l'importance croissante que les Australopithèques (surtout si on les rapproche des Pithécanthropes) sont appelés à prendre dans le développement de nos idées concernant la structure passée et présente du phylum humain.

1. INDIVIDUALITÉ ÉVOLUTIVE DES AUSTRALOPITHÈQUES. — À plusieurs titres, les Australopithèques (*Australopithécinés*) sont en train, surtout depuis six ans, d'émerger à nos yeux, du passé, sous les traits d'un groupe animal puissant et fortement individualisé.

a. *Géographiquement* d'abord (on pourrait même dire « démographiquement »), leurs restes fossiles trahissent la présence en Afrique du Sud, à un moment donné, d'une population anthropoïde relativement dense, dont on peut dire qu'elle occupait *au moins* ⁽²⁾, sur 500 km du Nord au Sud, le pays aujourd'hui compris entre le Vaal et le Limpopo.

b. *Chronologiquement* ensuite, et quoique son âge exact soit encore discuté, on ne saurait plus guère douter que cette population n'ait eu *son heure à elle* dans l'histoire des grands Primates africains, une heure juste avant celle des Hominiens : comme si les deux groupes (Hommes et Australopithèques) s'étaient remplacés (sinon supplantés) sur le même terrain. Bien qu'associés approximativement à une même faune, os d'Aus-

⁽¹⁾ Voyage exécuté sous les auspices de la Wenner-Gren Foundation de New-York.

⁽²⁾ Deux prémolaires supérieures d'Australopithèques (?) viennent d'être décrites (sous le nom de *Meganthropus africanus*) du Sud du Lac Victoria, au Tanganyka, par ADOLF REMANE, *Zeitschrift f. Morphologie u. Anthropologie*, 1951, p.311-325.

tralopithèques et outils humains semblent décidément exclusifs les uns des autres dans les gisements.

c. Morphologiquement, en troisième lieu, les Australopithèques sont hautement polymorphes, ce qui explique le nombre, sans doute exagéré, des genres en lesquels on les a subdivisés. Reste que ce polymorphisme joue sur un fond commun bien déterminé : prémolaire antérieure, à la mandibule, non tranchante (molarisée); canines et incisives réduites; pelvis dénotant une station debout, etc. Par ces diverses particularités anatomiques et aussi peut-être par un psychisme exceptionnellement développé⁽³⁾, les Australopithèques diffèrent de tous les Singes anthropomorphes connus et ils se rapprochent de l'Homme, tout en différant de celui-ci :

— par une capacité crânienne nettement plus faible et un prognathisme facial nettement plus fort (caractères infra-humains);

— et par une exagération sensible de la dimension et de la complication des molaires (caractères para-humains).

En somme, il s'agit d'un groupe à part, autonome, bien tranché zoologiquement.

d. Phylétiquement, enfin, il paraît clair que les Australopithèques représentent, non pas un simple bouquet de formes diversifiées au hasard, mais un vrai petit « phylum complet » (un « segment d'orthogénèse » en miniature) : court rameau commençant sur des formes relativement petites (*A. africanus*), pour aboutir, soit à des formes mégalodontes (*Paranthropus*), soit à des types (*Telanthropus*) remarquablement humanoïdes par la forme de leur mandibule (bien que toujours nettement « australopithèques » par la largeur caractéristique de leurs molaires).

2. ANALOGIES DE COMPOSITION ET DE POSITION ENTRE AUSTRALOPITHÈQUES ET PITHÉCANTROPES; ET CONSÉQUENCES INTÉRESSANTES DE CETTE SYMÉTRIE POUR LA STRUCTURE PHYLÉTIQUE DU GROUPE HUMAIN. — Étudiés dans la composition de leurs groupes respectifs, Australopithécins et Pithécanthropins présentent, à deux extrémités de l'Ancien Monde (Asie orientale et Afrique australe), de singulières analogies. Chez les uns comme chez les autres, un fourmillement de formes voisines entre elles, et donc difficilement classifiables, se laisse entrevoir, culminant en l'apparition de types :

— ou bien pachyostosés (sinon géants) : *Paranthropus-Meganthropus* ;

— ou bien fortement cérébralisés : *Telanthropus* (?) - *Homo soloensis*.

Ceci avec la différence essentielle (et symptomatique) que les uns (Australopithèques), un peu plus anciens, ne sont *pas encore* des Hommes; tandis

⁽³⁾ Condition apparemment requise pour expliquer qu'un animal aussi « inerme » ait pu prospérer dans un milieu écologique particulièrement disputé.

que les autres (Pithécanthropes), un peu plus récents, sont déjà ⁽⁴⁾, ne serait-ce que *tout juste*, hominisés.

En somme, deux courtes « écailles » imbriquées, encadrant (par le haut et par le bas) la zone présumée des origines humaines.

Observé assez près de ses origines, le groupe humain, réputé si homogène, présente donc la même structure verticillaire que celle reconnue peu à peu chez tous les grands phyla animaux par la Paléontologie ⁽⁵⁾.

La persistance inévitable (bien que plus ou moins voilée) de cette fondamentale *divergence de Spéciation* sous le jeu des *forces convergentes de Socialisation* qui totalisent si remarquablement sur soi l'*Homo sapiens* depuis quelque vingt mille ans, ne doit pas être oubliée par ceux que préoccupe le soin de pousser, jusqu'au bout non encore atteint de son évolution, le phylum auquel nous appartenons.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Réaction des insectes décapités aux substances odorantes*. Note de MM. PAUL PORTIER et RENÉ-GUY BUSNEL.

Les ganglions de la chaîne ventrale des insectes contiennent des centres excitables par les substances odorantes.

Le présent travail a pour origine la tentative de vérification d'un phénomène décrit en 1919 par Étienne Rabaud ⁽¹⁾ : l'immobilisation réflexe des Arthropodes.

Nous avons pu, en effet, dans un certain nombre de cas, en suivant la manière d'opérer de Rabaud, obtenir une immobilisation des papillons dans le décubitus dorsal; cette immobilisation, à condition d'éviter toute excitation, a pu durer pendant 4 h 22 mn pour le *Epinephele Janira* L.

Ce ne sont pas ces faits que nous exposerons ou discuterons aujourd'hui. Mais, ayant réalisé l'immobilisation, nous avons cherché quelles excitations pourraient la faire cesser. Nous avons utilisé successivement les agents lumineux, sonores ou odorants sur les Lépidoptères. Nous ne nous occuperons aujourd'hui que des substances odorantes.

Un papillon est immobilisé dans le décubitus dorsal. On le recouvre avec précaution au moyen d'une cloche portant une tubulure à sa partie supérieure.

Au bout de quelques minutes, on introduit par cette tubulure un tampon de coton imprégné d'une substance odorante. Nous avons employé

⁽⁴⁾ Comme le prouvent leur capacité cérébrale, la réduction de leur face et leur outillage (Sinanthrope, *H. soloensis*).

⁽⁵⁾ Cf. P. TEILHARD DE CHARDIN, *Annales de Paléontologie*, 1951, p. 77-107.

⁽¹⁾ *Bull. biol. France et Belgique*, 53, 1919.

successivement : l'alcool éthylique, l'acide acétique, l'acétone, l'acétate d'amyle, l'eau de lavande, diverses essences florales à doses non agressives. Au bout de quelques secondes ou de quelques minutes, suivant la substance employée, le papillon saute brusquement sur ses pattes, puis se met à battre des ailes plus ou moins violemment à l'intérieur de la cloche.

Si l'on éloigne la substance odorante, il se calme bientôt et reste immobile sur ses pattes. Un nouvel apport de substance odorante provoquera une nouvelle réaction.

Ayant obtenu ces résultats, on cherche alors à préciser l'organe sur lequel agit la substance odorante. On attribue classiquement ce rôle à l'antenne et aux palpes labiaux. On sectionne les antennes à leur insertion sur la tête de manière à n'en laisser subsister aucune trace. On constate que sur ces papillons privés d'antennes et immobilisés dans le décubitus dorsal, la réaction aux odeurs ne semble nullement modifiée. Elle persiste encore après l'ablation des pattes.

On tente alors une expérience qu'on juge assez ridicule (expérience « pour voir » de Cl. Bernard); elle consiste à couper la tête de l'insecte au ras du thorax.

On sait qu'un papillon décapité se tient immobile et correctement placé sur ses pattes; il vit même plus longtemps qu'un papillon intact et privé de nourriture placé dans les mêmes conditions. Or, à notre profonde stupéfaction, nous constatons que le papillon décapité réagit aux substances odorantes de la même manière et dans le même espace de temps que le papillon intact. Nous avons vérifié ce résultat sur un grand nombre de lepidoptères appartenant aux genres : *Papilio*, *Pieris*, *Vanessa*, *Rhodocera*, *Colias*, *Argynnis*, *Zygæna*, etc.

A la réflexion, ce phénomène n'est pas aussi paradoxal qu'il semble à première vue. Le thorax et l'abdomen possèdent des stigmates d'où partent des trachées qui, s'enfonçant dans le corps, gagnent tous les organes et en particulier la chaîne nerveuse ventrale. Une simple dissection permet de voir un lacs de trachées très fines qui enserrant chaque ganglion de cette chaîne. Comme le papillon décapité continue à respirer, les substances odorantes véhiculées par l'air inspiré peuvent arriver aux ganglions. Mais ce qui est particulier, c'est que les ganglions de la chaîne ventrale contiennent des centres excitables par les substances odorantes ⁽²⁾.

Nous avons d'ailleurs constaté que les choses se passent de la même manière chez les autres ordres d'insectes : Coléoptères, Orthoptères, Névroptères, etc. Nous y reviendrons dans un autre travail.

(²) Nous cherchons actuellement à voir s'il y a des liaisons nerveuses entre la trachée et le ganglion.

M. LOUIS EMBERGER s'exprime de la manière suivante ⁽¹⁾ :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la première feuille, dans sa dimension normale, de la *Carte des Groupements Végétaux* de la France. Elle est due à mon excellent collaborateur, M. RENÉ MOLINIER, secondé de MM. ABIBON, G. CLAUZADE et G. DELEUIL.

La *Carte des Groupements Végétaux* est une œuvre de longue haleine poursuivie par le C. N. R. S. Elle a pris corps, en décembre 1944, lorsque M. CH. JACOB était Directeur du Centre. Je suis heureux de remercier l'éminent Géologue du soutien constant qu'il nous a accordé et de lui dire que l'œuvre se développe beaucoup. Nous avons déjà beaucoup cartographié en France méridionale, travaillé en Auvergne et dans le Jura; nos travaux sont, de plus, activement poussés en Afrique du Nord, où les trois Gouvernements, reconnaissant le haut intérêt de nos Cartes, ont mis des moyens importants à notre disposition.

Le but de ces Cartes est d'être *utile*, de contribuer à l'effort général de production; il s'insère parfaitement dans les préoccupations actuelles du Monde, lesquelles, en ce qui concerne la France, sont concrétisées dans le programme connu sous le nom de « Plan MONNET ». La situation économique mérite de retenir toute notre attention. Je ne citerai qu'un exemple : la cadence de l'accroissement de la population en Afrique du Nord est telle, que les trois pays qui la constituent ont besoin, tous les ans, de 50 000 tonnes de plus de céréales, masse calculée sur une ration journalière de 300 g ! Il faut trouver les terres nécessaires à ces cultures. En Afrique du Nord, où nos échecs sont si facilement exploités par la politique, il est encore moins permis de se tromper qu'en France dans les projets qui engagent profondément l'avenir économique. Nous ne pouvons, non plus, nous contenter de tâtonnements et d'empirisme.

Nos cartes sont dressées au 20 000^e et, parfois, à une échelle plus grande encore.

Quels sont les principes qui sont à la base de l'établissement des Cartes ?

On sait aujourd'hui que les espèces ne sont pas dispersées au hasard dans la nature, mais qu'elles sont réunies en *groupements naturels* ou *Associations* organisés et hiérarchisés. Une science nouvelle, la phytosociologie, est née de l'étude de ces associations. Leur grand intérêt pratique, comme l'a montré CH. FLAHAULT, réside en ce fait qu'à chaque association correspondent des conditions déterminées de milieu; chacune en est l'expression biologique ou le *miroir*. Étant donné cette interdépendance précise entre groupements végétaux et milieux, nos Cartes sont *ipso facto*, des Cartes écologiques, par conséquent, de la *vocation économique de nos terres*; en d'autres termes, elles sont le *cadastre naturel* du pays, tel que la nature l'a inscrit sur notre sol,

(1) Séance du 19 décembre 1951.

un véritable inventaire scientifique des aptitudes économiques. Nos cartes sont donc, dans le domaine de la Botanique et de l'Économie agricole, ce que la carte géologique est pour le Géologue, l'Ingénieur, le Mineur ou le Prospecteur. Au fur et à mesure que nos travaux progressent, nous constatons que les secteurs de l'activité nationale pour lesquels nos cartes ont une utilité, sont de plus en plus nombreux. L'Agriculture et les Forestiers y sont, bien entendu, les principaux intéressés, mais nos Cartes rendent aussi des services à l'Ingénieur, à l'Urbaniste, aux départements de la Santé et de l'Hygiène publiques, de la Guerre, etc. Il se confirme, de plus en plus clairement, qu'elles constituent pour le pays un document d'une importance fondamentale. Je rappelle que son absence a été vivement ressentie par le Gouvernement, lorsqu'il a voulu dresser un plan rationnel de mise en valeur de la France, au moment de l'établissement du « Plan MONNET ». Nous avons l'ambition de combler cette lacune, afin que les générations futures aient, pour les guider, ce qui nous a manqué.

21 cartes au 20 000^e sont déjà dressées et prêtes pour l'impression; 13 autres sont en cours, et nous avons aussi 3 cartes au 5 000^e et au 2 000^e. Elles sont dues à MM. BRAUN-BLANQUET, GUINCHET, LEMÉE, mais surtout au zèle infatigable de M. RENÉ MOLINIER, Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, et de ses élèves.

Au nom du *Service de la Carte des Groupements Végétaux* du C. N. R. S., que j'ai l'honneur de diriger, je suis heureux d'offrir à l'Académie, la première feuille *imprimée*; une deuxième est en cours d'impression, et nous espérons faire paraître bientôt une troisième.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. MAURICE CAULLERY :

Recherches sur la structure génétique des populations naturelles de Cepaea nemoralis (L.), par MAXIME LAMOTTE.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Histophysiologie du Collège de France, pour la première ligne, M. Jacques Benoit obtient 56 suffrages; il y a un bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. Jean Clavert obtient 45 suffrages; il y a un bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

<i>En première ligne</i>	M. JACQUES BENOIT.
<i>En seconde ligne</i>	M. JEAN CLAVERT.

CORRESPONDANCE.

Le R. P. **CHARLES TISSERANT** adresse des remerciements pour la distinction accordée à ses travaux.

La **DEUTSCHE AKADEMIE DER NATURFORSCHER** (**ACADEMIA CAESAREA LEOPOLDINA**) invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes qui auront lieu à Halle (Saale), les 16 et 17 février 1952, à l'occasion du trois-centième anniversaire de sa fondation.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La carrière scientifique de Chevreul* (1786-1889), par ÉMILE ANDRÉ, in *Oléagineux, Revue générale des corps gras et dérivés*.

2° Institut des Parcs Nationaux du Congo belge. *Exploration des Parcs Nationaux du Congo belge*. Mission H. HEDIGER-J. VERSCHUREN (1948). Fascicule 1.

3° Id. *Exploration du Parc National Albert*. Mission G. F. DE WITTE (1933-1935). Fascicules 75 et 76.

4° Id. *Exploration du Parc National de l'Upemba*. Mission G. F. DE WITTE, en collaboration avec W. ADAM, A. JANSSENS, L. VAN MEEL et R. VERHEYEN (1946-1949). Fascicule 4.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Extension et restriction d'une capacité*.
Note (*) de M. **GUSTAVE CHOQUET**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Lorsque \mathcal{E}_1 et \mathcal{E}_2 sont deux ensembles de parties d'un espace E , avec $\mathcal{E}_1 \subset \mathcal{E}_2$, on définit l'extension à \mathcal{E}_2 d'une capacité ⁽¹⁾ définie sur \mathcal{E}_1 et la restriction à \mathcal{E}_1 d'une capacité définie sur \mathcal{E}_2 . Propriétés et applications de ces opérations.

Soient \mathcal{E}_1 et \mathcal{E}_2 deux ensembles de parties de l'espace E , avec $\mathcal{E}_1 \subset \mathcal{E}_2$.

1. EXTENSION D'UNE CAPACITÉ. — Si f est une capacité sur \mathcal{E}_1 , désignons par g la fonction sur \mathcal{E}_2 définie par $g(X) = f^*(X)$ pour tout $X \in \mathcal{E}_2$.

On dira que g est l'extension de f à \mathcal{E}_2 . Il est immédiat que g est une capacité et que, pour tout $X \subset E$, on a

$$g^*(X) = f^*(X); \quad g_*(X) \geq f_*(X).$$

Donc, si X est f -capacitable, il est aussi g -capacitable et $f(X) = g(X)$.

(1) Voir, pour les définitions, la Note précédente : CHOQUET, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 35.

(Exemples. — On peut prendre pour \mathcal{E}_2 l'ensemble de toutes les parties de E ou, si tout élément de \mathcal{E}_1 est fermé, l'ensemble de toutes les parties fermées de E .)

Plus généralement, si X est tel que tout élément de \mathcal{E}_2 inclus dans X soit f -capacitable, ou soit contenu dans un sous-ensemble f -capacitable de X , on a $g_*(X) = f_*(X)$; donc si un tel X est g -capacitable, il est aussi f -capacitable et $f(X) = g(X)$.

Exemples. — 1° Tout élément de \mathcal{E}_2 est f -capacitable; il y a alors identité entre les capacitabilités pour f et g .

α . C'est le cas si \mathcal{E}_2 est l'ensemble des parties f -capacitables de E .

β . Supposons qu'il existe un ensemble fermé $N \subset E$ qui contienne tout élément de \mathcal{E}_1 et que pour tout élément $X \in \mathcal{E}_2$, l'ensemble $X \cap N$ soit f -capacitable. Alors tout élément de \mathcal{E}_2 est f -capacitable (Exemple : \mathcal{E}_1 est l'ensemble des parties fermées d'un fermé N de E , et \mathcal{E}_2 est l'ensemble des parties fermées de E).

2° \mathcal{E}_2 est tel que tout élément de \mathcal{E}_2 inclus dans un élément de \mathcal{E}_1 soit un élément de \mathcal{E}_1 ; la remarque ci-dessus s'applique alors à tout X qui soit une partie d'un élément de \mathcal{E}_1 (Exemple : \mathcal{E}_1 et \mathcal{E}_2 sont des ensembles héréditaires de parties fermées de E); mais cette même remarque peut donner plus : Exemple : Si \mathcal{E}_1 est l'ensemble de tous les compacts d'une partie N quelconque de E séparé, et \mathcal{E}_2 l'ensemble des compacts de E , tout $X \subset N$ satisfait aux conditions énoncées ci-dessus.

Remarque. — Si $\mathcal{E}_1 \subset \mathcal{E}_2 \subset \mathcal{E}_3$, et si une capacité f définie sur \mathcal{E}_1 a pour extensions à \mathcal{E}_2 et \mathcal{E}_3 les capacités g et h , il est immédiat que h est identique à l'extension de g à \mathcal{E}_3 . Donc l'extension est une opération *transitive*.

Conservation des ordres. — *a. Cas général.* — Si une capacité f sur \mathcal{E} est alternée d'ordre $\alpha_{1,a}$ il en est de même de toute extension g de f , puisque $g^*(X) = f^*(X)$ pour tout X . Remarquons qu'on n'a pas d'énoncé analogue pour les capacités d'ordre $\mathcal{M}_{1,a}$ à cause du rôle joué dans la définition de l'extension par la capacité extérieure.

b. Cas d'une famille \mathcal{E} additive et riche. — Une famille additive \mathcal{E} de parties de E est *riche* si, pour tout couple d'ouverts ω_1, ω_2 de E , et tout élément A de \mathcal{E} tel que $A \subset (\omega_1 \cup \omega_2)$, il existe deux éléments A_1 et A_2 de \mathcal{E} tels que :

$$A_1 \subset \omega_1; \quad A_2 \subset \omega_2; \quad A \subset A_1 \cup A_2.$$

Exemple. — E étant séparé, soit \mathcal{E} une famille additive de compacts de E telle que, pour tout $K \in \mathcal{E}$, tout compact $k \subset K$, et tout voisinage V de k , il existe un élément α de \mathcal{E} tel que $k \subset \alpha \subset V$ (c'est le cas si \mathcal{E} est héréditaire, c'est-à-dire contient, avec tout K , tout sous-compact de K). Une telle famille \mathcal{E} est riche.

THÉORÈME 1. — Si f est une capacité alternée d'ordre α_x sur une famille \mathcal{E} additive et riche, toute extension g de f à une famille additive est aussi d'ordre α_x .

En particulier, l'extension de f à la famille de toutes les parties de E est d'ordre \mathcal{A}_α , ce qui signifie que les inégalités valables pour les capacités des éléments de \mathcal{E} peuvent s'étendre aux capacités extérieures des sous-ensembles quelconques de E .

THÉORÈME 2. — *Si f est une capacité monotone d'ordre $\mathcal{M}_\alpha(\alpha \geq 1, b)$ sur un ensemble \mathcal{E}_1 multiplicatif et additif, l'extension de f à \mathcal{E}_2 est aussi d'ordre \mathcal{M}_α lorsque tout élément de \mathcal{E}_2 est compact ou lorsque tout élément de \mathcal{E}_2 est fermé dans E normal.*

THÉORÈME 3. — *Soit \mathcal{E}_1 un ensemble multiplicatif de compact et soit \mathcal{E}_2 l'ensemble des intersections quelconques d'éléments de \mathcal{E}_1 ; si g est l'extension d'une capacité f sur \mathcal{E}_1 , on a pour tout $b \in \mathcal{E}_2$ la relation $g(b) = \inf f(a) (b \subset a, a \in \mathcal{E}_1)$ et si f est monotone d'ordre $\mathcal{M}_\alpha(\alpha \geq 1, b)$, g l'est aussi.*

2. RESTRICTION D'UNE CAPACITÉ. — Si g est une capacité sur \mathcal{E}_2 , on appelle restriction de g à \mathcal{E}_1 la fonction f sur \mathcal{E}_1 définie par $g(X) = f(X)$ pour tout $X \in \mathcal{E}_1$.

Il est immédiat que f est une capacité et que si g est d'ordre \mathcal{A}_α (resp. \mathcal{M}_α), il en est de même de f .

Pour tout $X \subset E$, on a $g^*(X) \geq f^*(X)$ et $g_*(X) \geq f_*(X)$.

Cas particulier. — Soit N une partie de X telle que, pour tout ouvert $\omega \subset E$, l'ensemble $N \cap \omega$ soit g -capacitable (par exemple si N est ouvert). Si l'on prend pour \mathcal{E}_1 l'ensemble des éléments de \mathcal{E}_2 inclus dans N , on a pour tout $X \subset N$ les égalités $g^*(X) = f^*(X)$ et $g_*(X) = f_*(X)$.

Remarquons que si $\mathcal{E}_1 \subset \mathcal{E}_2 \subset \mathcal{E}_3$, où \mathcal{E}_3 est l'ensemble de toutes les parties de E , l'extension à \mathcal{E}_2 d'une capacité f sur \mathcal{E}_1 est identique à la restriction à \mathcal{E}_2 de l'extension de f à \mathcal{E}_3 .

3. APPLICATIONS DE CES DEUX OPÉRATIONS. — Pour démontrer la capacitable d'un ensemble pour une capacité donnée, il est souvent commode de supposer l'espace E et l'ensemble \mathcal{E} doués d'une certaine régularité. Les opérations étudiées plus haut permettront de régulariser E et \mathcal{E} .

Exemple. — Dans E séparé, soit \mathcal{E}_1 un ensemble additif et héréditaire de compacts de E ; et soit f une capacité alternée d'ordre \mathcal{A}_α sur \mathcal{E}_1 .

Soit X un sous-ensemble d'un élément de \mathcal{E}_1 ; on suppose qu'il existe N complètement régulier tel que $X \subset N \subset E$, tout sous-ensemble relativement ouvert de N étant f -capacitable (N existe si X possède un voisinage complètement régulier).

On peut alors trouver un espace compact F , un sous-ensemble Y de F homéomorphe à X , et une capacité h d'ordre \mathcal{A}_α définie sur l'ensemble de tous les compacts de F , tels que la h -capacitable de Y soit équivalente à la f -capacitable de X .

ALGÈBRE. — *Sur la théorie des idéaux dans les demi-groupes.*

Note de M^{lle} **MARIANNE TEISSIER**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans les parties I et II, nous considérons certaines propriétés des demi-groupes pouvant contenir des idéaux nilpotents; ces propriétés sont utilisées dans la partie III, dans le cas où la condition minimale est vérifiée *pour les idéaux à gauche*.

I. *Idéaux minimaux*. — 1. Si \mathcal{G} est un idéal minimal à gauche du demi-groupe D , pour tout $a \in D$, $\mathcal{G}a$ est soit l'idéal zéro, soit un idéal minimal à gauche (même démonstration que pour les demi-groupes sans idéaux nilpotents, le cas $Da = 0$ n'étant alors pas exclu) ⁽¹⁾.

2. Si \mathcal{G} est un idéal minimal, on a soit $\mathcal{G}^2 = 0$, soit $\mathcal{G}^2 = \mathcal{G}$. Soient $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3$ des idéaux minimaux à gauche *idempotents*; on a $\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 = 0$ ou $\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_2$.

$\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 \neq 0 \rightarrow \mathcal{G}_2 \mathcal{G}_1 \neq 0$; en effet $\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_2 \rightarrow \mathcal{G}_2 \mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_2^2 \neq 0$, donc $\mathcal{G}_2 \mathcal{G}_1 \neq 0$,
 $\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 \neq 0$ et $\mathcal{G}_2 \mathcal{G}_3 \neq 0 \rightarrow \mathcal{G}_1 \mathcal{G}_3 \neq 0$; en effet $\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 \mathcal{G}_3 = \mathcal{G}_2 \mathcal{G}_3 \neq 0$.

Les idéaux minimaux à gauche idempotents sont donc répartis en *classes disjointes*, deux idéaux \mathcal{G}_1 et \mathcal{G}_2 appartenant à la même classe si et seulement si $\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_2 \neq 0$.

3. Il résulte de 1 que si \mathcal{G} est un idéal minimal à gauche, l'idéal bilatère $\mathcal{G}D$ est une réunion d'idéaux minimaux à gauche. Si \mathcal{G} est idempotent et si $\mathcal{G}a \neq 0$, on a $\mathcal{G}\mathcal{G}a = \mathcal{G}a \neq 0$; si $\mathcal{G}a$ est idempotent, il résulte de 2 que $\mathcal{G}a\mathcal{G} \neq 0$, donc il existe b tel que $\mathcal{G}ab = \mathcal{G}$. Parmi les idéaux idempotents de D , $\mathcal{G}D$ contient tous ceux, et seulement ceux qui appartiennent à la même classe que \mathcal{G} dans la partition définie dans 2.

II. *Idéaux nilpotents*. — La réunion \mathcal{R} de tous les idéaux à gauche nilpotents d'un demi-groupe D est un idéal bilatère. \mathcal{R} est également la réunion de tous les idéaux à droite nilpotents de D ; nous appellerons \mathcal{R} le *radical* de D . Soit, en effet, \mathcal{G} un idéal à gauche nilpotent, $\mathcal{G}^p = 0$; pour tout $x \in D$, $\mathcal{G}x$ est ou l'idéal zéro, ou un idéal à gauche nilpotent, puisque $(\mathcal{G}x)^p \subseteq \mathcal{G}^p x = 0$. Donc \mathcal{R} est un idéal bilatère. D'autre part, si \mathcal{O} est un idéal à droite nilpotent, $(\mathcal{O} \cup D\mathcal{O})$ est un idéal bilatère (donc un idéal à gauche) nilpotent, qui contient \mathcal{O} , et appartient à \mathcal{R} , c. q. f. d. Considérons le demi-groupe $D^* \simeq D - \mathcal{R} + \{0\}$, homomorphe à D , l'application d'homomorphisme étant celle que définit Rees ⁽²⁾; tout élément de \mathcal{R} a pour image zéro, tout élément de D n'appartenant pas à \mathcal{R} s'applique sur lui-même. On a les propriétés suivantes :

Tout idéal de D a pour image dans D^ un idéal de D^* , et réciproquement tout idéal de D^* est l'image d'au moins un idéal de D . Un idéal minimal et non nilpo-*

⁽¹⁾ A. H. CLIFFORD, *Am. Journ. of Math.*, 71, 1949, p. 835.

⁽²⁾ *Proc. Cambridge Philos. Society*, 36, 1940, p. 389.

tent de D a pour image dans D^* un idéal minimal dans D^* (ces propriétés se démontrent aisément à l'aide du lemme 1.321 de Rees, *loc. cit.*, p. 389).

III. Dans tout ce qui suit, nous supposons que la condition minimale est vérifiée dans D pour les idéaux à gauche. Nous avons alors :

1. Tout idéal contenu dans \mathcal{R} est nilpotent. C'est le théorème d'Hopkins, dont la démonstration est identique à celle de Brauer et Jacobson pour les anneaux ⁽³⁾. Il en résulte que le demi-groupe D^* n'a pas d'idéaux nilpotents. Un idéal de D^* , $\gamma^* \neq 0$, est l'image de l'idéal de D , $\gamma \notin \mathcal{R}$. Supposons $(\gamma^*)^p = 0$. On a donc $\gamma^p \subseteq \mathcal{R}$; γ^p est donc nilpotent et il existe un entier q tel que $\gamma^{pq} = 0$. Par conséquent γ est nilpotent et $\gamma \subseteq \mathcal{R}$, ce qui est contraire à l'hypothèse.

2. Tout idéal à gauche de D contient au moins un idéal minimal \mathcal{G} . Il en résulte que D possède un idéal bilatère $\mathfrak{J} = \mathcal{G}D$, qui est une réunion d'idéaux à gauche minimaux dans D . Soit \mathfrak{J} la réunion de tous les idéaux à gauche minimaux de D ; \mathfrak{J} est un idéal bilatère. Si D est sans zéro, $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}$ et \mathfrak{J} est un idéal minimum ⁽⁴⁾.

Considérons le demi-groupe $\bar{D} \simeq D - \mathfrak{J} + \{0\}$, homomorphe à D , défini de la même façon que le demi-groupe D , mais en remplaçant \mathcal{R} par \mathfrak{J} . On obtient : Tout idéal de D a pour image dans \bar{D} un idéal de \bar{D} , et réciproquement, tout idéal de \bar{D} est l'image d'au moins un idéal de D . La condition minimale pour les idéaux à gauche est vérifiée dans \bar{D} .

Considérons un idéal à gauche de D qui n'est pas une réunion d'idéaux minimaux et dont tout sous-idéal à gauche propre est une réunion d'idéaux minimaux. Cet idéal a pour image dans \bar{D} un idéal minimal à gauche de \bar{D} , et réciproquement tout idéal qui est l'image inverse d'un idéal minimal à gauche de \bar{D} a ces propriétés. Nous appellerons idéal mineur de D associé à $\bar{\mathcal{G}}$ le plus petit idéal de D qui a pour image un idéal à gauche $\bar{\mathcal{G}}$ minimal dans \bar{D} , c'est-à-dire l'idéal à gauche engendré par les éléments de D qui s'appliquent biunivoquement sur les éléments de $\bar{\mathcal{G}}$. La définition des idéaux mineurs et les propriétés des idéaux minimaux énoncées dans la partie I. montrent que :

Si \mathcal{G}' est un idéal mineur, on a $\mathcal{G}'^2 = \mathcal{G}'$ ou $\mathcal{G}'^2 \subseteq \mathfrak{J}$.

Si \mathcal{G}' est un idéal mineur à gauche, pour tout $a \in D$, $\mathcal{G}'a$ est soit un idéal mineur, soit une réunion d'idéaux minimaux à gauche, soit l'idéal zéro. L'idéal bilatère $\mathcal{G}'D$ est une réunion d'idéaux mineurs et d'idéaux minimaux à gauche.

Dans ce qui suit, D est supposé sans zéro. D'après la condition minimale, un idéal mineur à gauche \mathcal{G}' contient un nombre fini d'idéaux minimaux distincts \mathcal{G}_i . Posons $\mathcal{G}' = \hat{\mathcal{G}} + \sum \mathcal{G}_i$. Soit $a \in D$; si $\mathcal{G}'a$ est un idéal mineur,

⁽³⁾ JACOBSON, *Theory of rings*, p. 63-64.

⁽⁴⁾ A. H. CLIFFORD, *Am. Journ. of Math.*, 70, 1948, p. 522.

$\xi_i a = \xi_i' a + \sum \xi_{ij} a$, les $\xi_i a$ sont les idéaux minimaux de $\xi_i a$ et $\xi_i' a$ n'est pas vide. De plus, si ξ_i' et $\xi_i' a$ sont idempotents, il existe $b \in D$ tel que $\xi_i' ab = \xi_i'$. Il en résulte que ξ_i' et $\xi_i' a$ contiennent nécessairement le même nombre d'idéaux minimaux. D'où :

Si ξ_i est un idéal mineur à gauche idempotent d'un demi-groupe D sans zéro vérifiant la condition minimale pour les idéaux à gauche, tous les idéaux mineurs à gauche idempotents contenus dans l'idéal bilatère $\mathfrak{J} = \xi_i D$ contiennent le même nombre d'idéaux minimaux à gauche.

Remarques. — 1. Dans la partie III.1, on obtiendrait les mêmes résultats en remplaçant la condition minimale par la condition maximale pour les idéaux : parmi les idéaux nilpotents, il existe un idéal maximal qui contient nécessairement tous les autres; c'est donc la réunion \mathfrak{A} .

2. Si la condition minimale est vérifiée, on peut, envisageant la réunion \mathfrak{J} des idéaux minimaux de D et construisant le demi-groupe $D \sim D - \mathfrak{J} = \{0\}$, et ainsi de suite, poursuivre l'étude du demi-groupe D (*).

THEORIE DES NOMBRES. — Sur quelques ensembles d'entiers.

Note (*) de M. **KLAUS ROTH**, présentée par M. Jacques Hadamard.

J'appelle ensemble \mathfrak{A} un ensemble d'entiers dont trois quelconques ne se trouvent jamais en progression arithmétique, c'est-à-dire un ensemble u_1, u_2, \dots tel que $u_k - u_i = 2u_j$ entraîne $h = k = l$. Soit $A(x)$ le plus grand nombre d'entiers qu'on puisse choisir parmi $1, 2, \dots, x$, de sorte qu'ils forment un ensemble \mathfrak{A} . Je démontre que $A = \lim_{x \rightarrow \infty} x^{-1} A(x) = 0$, résultat tenu pour vraisemblable depuis plusieurs années (*). L'existence de la limite A s'établit facilement au moyen de l'inégalité $A(x+y) \leq A(x) + A(y)$.

Il faut remarquer que $A(x)$ est aussi le plus grand nombre de termes formant un ensemble \mathfrak{A} qu'on puisse choisir parmi x termes consécutifs d'une progression arithmétique quelconque.

Soit u_1, u_2, \dots, u_l un ensemble \mathfrak{A} dans $(1, N)$. Nous étudions la somme

$$S = \sum_{k=1}^l e(x u_k) \quad [e(t) = e^{2\pi i t}],$$

où x désigne un nombre réel. Pour chaque x , il existe des entiers h, q ($q > 0$)

(*) J. A. Green a également appliqué, mais d'un point de vue différent, l'homomorphisme de Rees à des demi-groupes vérifiant la condition minimale (Ann. Math., 1951, p. 163-172).

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(*) Pour un aperçu historique du problème, voir une Note de R. SALEM et D. C. SPENCER, Nieuw Archief voor Wiskunde, 23, 1950, p. 133-143.

sans diviseur commun, tels que

$$(1) \quad \alpha = \frac{h}{q} \beta, \quad q < N, \quad q \beta \leq N^{\frac{1}{2}}.$$

Supposons $m < N$ et posons

$$S' = \frac{A(m)}{mq} \left[\sum_{\nu=1}^q e\left(\frac{h}{q}\nu\right) \right] \left[\sum_{n=1}^N e(\beta n) \right].$$

Nous démontrons que

$$(2) \quad |S - S'| \leq Nm^{-1} A(m) - U + O(mN^{\frac{1}{2}}).$$

La démonstration se base sur la relation évidente

$$S = \frac{1}{mq} \sum_{\nu=1}^q \sum_{n=1}^N \sum_{\substack{n \leq u_k < n+mq \\ u_k \equiv \nu (m:dq)}} e(\alpha u_k) + O(mq).$$

Pour chaque terme de la somme intérieure, on a

$$e(\alpha u_k) = e\left(\frac{h}{q}\nu\right) e(\beta n) + O(mq|\beta|).$$

Le nombre de ces termes est au plus $A(m)$, selon une remarque antérieure, et s'exprime donc par $A(m) - D(n, m, q, \nu)$, où $D \geq 0$. Alors

$$S = S' - \frac{1}{mq} \sum_{\nu=1}^q e\left(\frac{h}{q}\nu\right) \sum_{n=1}^N e(\beta n) D(n, m, q, \nu) + O(mq) + O(Nmq|\beta|).$$

Pour $\beta = 0$, $h = 0$, il résulte de là

$$U = \frac{N}{m} A(m) - \frac{1}{mq} \sum_{\nu=1}^q \sum_{n=1}^N D(n, m, q, \nu) + O(mq),$$

relation qui donne une borne supérieure pour la somme des D . En utilisant cette borne supérieure, on obtient (2).

Soit maintenant $\varepsilon > 0$ et m un entier tel que $x^{-1} A(x) - \Lambda < \varepsilon$ pour $x \geq m$. Soit N arbitrairement grand et soit u_1, \dots, u_t un ensemble \mathfrak{A} maximal dans $(1, 2N)$. Soit $2\nu_1, \dots, 2\nu_v$ les entiers pairs parmi u_1, \dots, u_t . Alors $U = A(2N)$ et $V \geq A(2N) - A(N)$, d'où

$$(3) \quad 2Nm^{-1} A(m) - U < 4\varepsilon N, \quad Nm^{-1} A(m) - V < 4\varepsilon N.$$

Soit

$$f(x) = \sum_{k=1}^t e(\alpha u_k), \quad g(x) = \sum_{k=1}^v e(\alpha \nu_k),$$

$$F(x) = \frac{A(m)}{m} \sum_{n=1}^{2N} e(\alpha n), \quad G(x) = \frac{A(m)}{m} \sum_{n=1}^N e(\alpha n).$$

Soit $\eta = \varepsilon^{-\frac{1}{2}} N^{-1}$. Si $|\alpha| < \eta$ on a $q = 1$ et $h = 0$ dans (1), et il s'ensuit de (2) et (3) que

$$(4) \quad f(\alpha) - F(\alpha) = O(\varepsilon N + m N^{\frac{1}{2}}), \quad g(\alpha) - G(\alpha) = O(\varepsilon N + m N^{\frac{1}{2}}).$$

Si $\eta < \alpha < 1 - \eta$ on déduit de (2) et (3) (en tenant compte des deux cas $q = 1$ et $q > 1$) que

$$(5) \quad f(\alpha) = O(\varepsilon^{\frac{1}{2}} N + m N^{\frac{1}{2}}).$$

Le fait que u_1, \dots, u_v forment un ensemble \mathfrak{A} peut s'exprimer (suivant la méthode de Hardy et Littlewood) par la relation

$$(6) \quad \int_{-\eta}^{1-\eta} f(\alpha) g^2(-\alpha) d\alpha = \Lambda \leq N.$$

D'après (5),

$$(7) \quad \int_{\eta}^{1-\eta} f(\alpha) g^2(-\alpha) d\alpha = O\left[\left(\varepsilon^{\frac{1}{2}} N + m N^{\frac{1}{2}}\right) \int_0^1 |g(\alpha)|^2 d\alpha\right] = O(\varepsilon^{\frac{1}{2}} N^2 + m N^{\frac{3}{2}}).$$

D'après (4),

$$(8) \quad \begin{aligned} \int_{-\eta}^{\eta} f(\alpha) g^2(-\alpha) d\alpha &= \int_{-\eta}^{\eta} F(\alpha) G^2(-\alpha) d\alpha + O\left[\eta N^2 (\varepsilon N + m N^{\frac{1}{2}})\right] \\ &= \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} F(\alpha) G^2(-\alpha) d\alpha + O\left[\eta^{-2} + \eta N^2 (\varepsilon N + m N^{\frac{1}{2}})\right]. \end{aligned}$$

La dernière intégrale est facile à calculer, et sa valeur est tout simplement $[m^{-1} \Lambda(m)]^3 N^2$. Utilisant (6), (7), (8), on obtient

$$[m^{-1} \Lambda(m)]^3 N^2 = O\left(\varepsilon^{\frac{1}{2}} N^2 + \varepsilon^{-\frac{1}{2}} m N^{\frac{3}{2}}\right).$$

En faisant $N = \infty$ il s'ensuit que $\Lambda^3 = O(\varepsilon^{\frac{1}{2}})$, d'où $\Lambda = 0$.

TOPOLOGIE. — *La topologie approximative de Denjoy envisagée comme vraie topologie.* Note (*) de MM. OTTO HAUPT et CHRISTIAN PAUC, présentée par M. Arnaud Denjoy.

A partir d'une base faible de dérivation est définie une vraie topologie vis-à-vis de laquelle les fonctions approximativement continues de Denjoy s'interprètent comme fonctions continues et les théories de Lebesgue et de Baire sont identiques.

1. CADRE DE L'ÉTUDE. — *a. Cas abstrait.* — R désigne un ensemble pourvu d'une mesure μ complète, finie ou dénombrablement infinie et d'une base de

(*) Séance du 19 décembre 1951.

dérivation \mathfrak{B} selon de Possel ⁽¹⁾, le domaine E de \mathfrak{B} , c'est-à-dire l'ensemble des points de R admettant des suites contractantes étant $= R$.

b. Cas concret. — R est le plan euclidien cartésien, μ la mesure de Lebesgue. Les constituants de la base sont les intervalles ouverts $J : \alpha' < \xi < \alpha''$, $\beta' < \eta < \beta''$. Une suite d'intervalles J_i contracte sur x si x appartient à tous les J_i et le diamètre des J_i tend vers zéro.

2. DÉFINITIONS. — X représentant un sous-ensemble quelconque de R , un point x est dit *approximativement intérieur* à X ou *D-intérieur* à X s'il appartient à E . $X = X$ et si la \mathfrak{B} -épaisseur (\mathfrak{B} -densité) intérieure de X en x existe et est $= 1$, c'est-à-dire si, quels que soient $\varepsilon > 0$ et la suite M_i contractant sur x , il existe un index i' tel que $(i > i') \rightarrow [\mu\text{-int}(X M_i) > (1 - \varepsilon) \mu(M_i)]$. L'ensemble des points D-intérieurs à X est désigné par $I(X)$. Par D-voisinage (de Fréchet) de x , nous entendons tout sous-ensemble de R auquel x est D-intérieur.

3. PROPOSITIONS DANS LE CAS ABSTRAIT. — $I(\text{ens. vide}) = \text{ens. vide}$, $I(X) \subseteq X$, $(X \subseteq Y) \rightarrow [I(X) \subseteq I(Y)]$, $I(X \cap Y) = I(X) \cap I(Y)$. L'opération I n'est pas altérée si, à toute suite contractant sur x , nous adjoignons des suites M_i^0 avec les mêmes indices, vérifiant $\liminf [\mu(M_i^0)/\mu(M_i)] > 0$, $\limsup [\mu(M_i^0 - M_i^0 M_i)/\mu(M_i)] = 0$, que nous regardons comme contractant sur x ⁽²⁾. Si $\mu\text{-ext}[x] = 0$, une condition nécessaire et suffisante pour que x soit point de D-accumulation de X , est que l'épaisseur extérieure supérieure de X en x soit > 0 . Les fonctions approximativement semi-continues (continues) ⁽³⁾ sont identiques aux fonctions D-semi-continues (continues). Si f est une fonction μ -mesurable, bornée sur les constituants de \mathfrak{B} et D-continue en x , l'intégrale lebesguienne de f admet en x un \mathfrak{B} -dérivé $= f(x)$ ⁽⁴⁾.

La *Propriété Faible de Vitali* ⁽⁵⁾, en abrégé (V_f), pour \mathfrak{B} équivaut à : pour tout X , $I(X)$ est un μ -noyau de X ⁽⁶⁾. Si (V_f) est vérifiée, $I^2 = I$, l'opérateur I définit une structure topologique ⁽⁷⁾; mais cette propriété d'idempotence n'implique pas (V_f). $I^2 = I$ quand \mathfrak{B} est un réseau euclidien incomplet du type considéré par Chr. Pauc ⁽⁸⁾.

⁽¹⁾ C. PAUC, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1406.

⁽²⁾ DE POSSEL, *J. Math. p. et app.* 9^e série, 15, 1936, p. 406; HAUPT, AUMANN, PAUC, *Differential-und Integralrechnung*, Berlin, 3, 2^e édit. (en préparation), Chap. IX, § 7.

⁽³⁾ HAHN, ROSENTHAL, *Set Functions*, Albuquerque, 1948, p. 287.

⁽⁴⁾ *Loc. cit.* en ⁽³⁾, p. 291.

⁽⁵⁾ HAUPT et PAUC, *Sitz.-Ber. Bayer Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, 1950, p. 189.

⁽⁶⁾ *Loc. cit.* en ⁽³⁾, p. 68.

⁽⁷⁾ N. BOURBAKI, *Actualités scientifiques et industrielles*, 858, 1940.

⁽⁸⁾ *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1387. Ces réseaux sont des familles régulières de Denjoy (*Amer. J. Math.*, 73, 1951, p. 314-356) possédant comme celles-ci la Propriété Forte de Vitali Réduite, entendant par là la Propriété Forte de Vitali privée de la condition d'approximation ou de débordement.

Nous postulons désormais (Vf). Les ensembles D-ouverts sont μ -mesurables. Les notions d'ensemble de μ -mesure nulle, d'ensemble nulle part dense et d'ensemble de première catégorie coïncident; \mathcal{N} désignant leur famille, tout ensemble μ -mesurable M est $= I(M) \pmod{\mathcal{N}}$. La D-fermeture de X est une enveloppe mesurable de X ⁽⁹⁾, ainsi les ensembles mesurables s'identifient aux ensembles D-quarrables ou D-mesurables Jordan ⁽⁹⁾. Les fonctions D-semi-continues, en particulier les fonctions D-continues sont μ -mesurables. Toute fonction μ -mesurable devient une fonction D-continue si l'on retire de son domaine de définition un ensemble convenable de \mathcal{N} . L'intégrale de Lebesgue est équivalente à une intégrale de D-partition dénombrable jordanienne ⁽¹⁰⁾, « dénombrable » pouvant être remplacée par « finie » si l'intégrant est essentiellement borné et la mesure du domaine de définition finie.

Alors que l'union d'une famille quelconque d'ensembles μ -mesurables n'est pas nécessairement μ -mesurable, la même union est μ -mesurable dans le cas d'ensembles D-ouverts. A toute classe d'équivalence mod \mathcal{N} formée d'ensembles μ -mesurables M , soit \mathcal{C} , nous pouvons faire correspondre un représentant distingué $G(\mathcal{C})$, à savoir l'ensemble D-ouvert maximal de (\mathcal{C}) constitué par les points d'épaisseur pleine (densité $= 1$) d'un ensemble quelconque de \mathcal{C} . Si \mathcal{C} est l'union (dans l'algèbre de mesure de μ d'une famille quelconque de classes \mathcal{C}_v , $G(\mathcal{C}) = \bigcup G(\mathcal{C}_v)$.

4. COMPLÉMENT DANS LE CAS CONCRET. — La famille des ensembles D-ouverts étant plus riche que la famille des ensembles ouverts au sens euclidien, la D-topologie est strictement plus fine que la topologie euclidienne et par conséquent séparée ⁽⁷⁾. L'ensemble des points d'épaisseur pleine d'un discontinu de Cantor de mesure positive fournit un exemple d'ensemble D-ouvert nulle part dense au sens euclidien. Vis-à-vis de la D-topologie, le plan n'est pas localement (bi) compact. Par la D-topologie se trouvent identifiés les points de vue de Baire et de Lebesgue, la mesurabilité Lebesgue et la mesurabilité Jordan, l'intégrale de Lebesgue et l'intégrale de partition jordanienne. Un renforcement de \mathfrak{B} , par exemple en n'acceptant que des carrés ou en imposant aux suites contractantes une condition de régularité, enrichit $I(X)$, étend la famille des ensembles ouverts et substitue donc à la D-topologie initiale une D-topologie plus fine.

⁽⁹⁾ HAUPT et PAUC, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 711.

⁽¹⁰⁾ C. PAUC, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 810.

TOPOLOGIE. — *Espaces fibrés et groupes d'homotopie. II. Applications.*

Note de MM. **HENRI CARTAN** et **JEAN-PIERRE SERRE**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Applications de la méthode générale exposée dans une Note précédente ⁽¹⁾. On retrouve la plupart des relations connues entre homologie et homotopie; les résultats nouveaux concernent notamment les groupes d'homotopie des groupes de Lie et des sphères.

Dans toute la suite X désignera un espace *connexe par arcs*.

Considérons la fibration (II) de la Note ⁽¹⁾, pour $n \geq 2$; en lui appliquant la Proposition 5 du Chapitre III de [S], on obtient :

PROPOSITION 1. — *Pour tout espace X et tout $n \geq 2$ ⁽²⁾, on a une suite exacte :*

$$(1) \left\{ \begin{array}{l} H_{2n}(X, n+1) \rightarrow H_{2n}(X, n) \rightarrow H_{2n}(\pi_n(X); n) \rightarrow H_{2n-1}(X, n+1) \rightarrow H_{2n-1}(X, n) \rightarrow \dots \\ \dots \rightarrow H_{n+2}(X, n+1) \rightarrow H_{n+2}(X, n) \rightarrow H_{n+2}(\pi_n(X); n) \rightarrow \pi_{n+1}(X) \rightarrow H_{n+1}(X, n) \rightarrow 0. \end{array} \right.$$

Compte tenu de ce que $H_{n+2}(\pi; n) = \pi/2 \pi (n \geq 2)$ et $H_{n+3}(\pi; n) = 2\pi (n \geq 3)$, on retrouve des résultats de G. W. Whitehead ⁽³⁾.

COROLLAIRE 1. — *Les groupes d'homologie relatifs $H_i[\mathcal{S}(X; x, n), \mathcal{S}(X; x, n+1)]$ (où x est un point de X) sont isomorphes aux groupes d'Eilenberg-Mac Lane $H_i(\pi_n(X); n)$ pour $1 \leq i \leq 2n$.*

Ce résultat semble en rapport étroit avec une suite spectrale annoncée récemment par W. Massey et G. W. Whitehead (lorsque X est une sphère) ⁽⁴⁾.

COROLLAIRE 2. — *Si $\pi_i(X) = 0$ pour $i < n$ et $H_j(X) = 0$ pour $n < j \leq 2n$ (en particulier si X est une sphère S_n), on a des isomorphismes :*

$$H_j(X, n+1) \approx H_{j+1}(\pi_n(X); n) \quad \text{pour } n \leq j \leq 2n-1 \quad (n \geq 2).$$

On notera que, si $j < 2n-1$, les groupes $H_{j+1}(\pi; n)$ sont « stables » et isomorphes aux groupes $A_{j-n+2}(\pi)$ introduits par Eilenberg-Mac Lane ⁽⁵⁾, ce qui fournit une interprétation géométrique de ces derniers groupes.

PROPOSITION 2. — *Si $\pi_i(X) = 0$ pour $i < n$ et $n < i < m$ (n et m étant deux entiers tels que $0 < n < m$), on a une suite exacte :*

$$H_{m+1}(X) \rightarrow H_{m+1}(\pi_n(X); n) \rightarrow \pi_m(X) \rightarrow H_m(X) \rightarrow H_m(\pi_n(X); n) \rightarrow 0.$$

Ceci se démontre au moyen de la fibration (II) et complète des résultats

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 288. Nous renvoyons à cette Note dont nous conservons la terminologie et les notations.

⁽²⁾ Le cas $n=1$ est spécial et n'apporte d'ailleurs rien de nouveau.

⁽³⁾ *Proc. Nat. Acad. Sc. USA*, 34, 1948, p. 207-211.

⁽⁴⁾ *Bull. Amer. Math. Soc.*, 57, 1951, Abstracts 544 et 545.

⁽⁵⁾ *Proc. Nat. Acad. Sc. USA*, 36, 1950, p. 657-663.

d'Eilenberg-MacLane ⁽⁶⁾ (à l'exception, toutefois, de ceux relatifs à l'invariant \mathbf{k}).

PROPOSITION 3. — *Supposons que $\pi_1(X) = 0$, que les nombres de Betti de X soient finis en toute dimension et que l'algèbre de cohomologie $H^*(X, Q)$ (Q désignant le corps des rationnels) soit le produit tensoriel d'une algèbre extérieure engendrée par des éléments de degrés impairs et d'une algèbre de polynômes engendrée par des éléments de degrés pairs : si d_n désigne le nombre des générateurs de degré n , on a*

$$\text{rang}^{(7)} \text{ de } \pi_n(X) = d_n \quad \text{pour tout } n.$$

On utilise la fibration (I), et le calcul des algèbres de cohomologie d'Eilenberg-MacLane à coefficients dans Q ; on montre par récurrence sur n que $H^*(X; n, Q)$ est l'algèbre quotient de $H^*(X, Q)$ par l'idéal engendré par les générateurs de degrés $< n$.

Remarques. — 1. La démonstration montre aussi que le noyau de l'homomorphisme $\pi_n(X) \rightarrow H_n(X)$ est un groupe de torsion.

2. La proposition subsiste même si $\pi_1(X) \neq 0$, pourvu que $\pi_1(X)$ soit abélien et opère trivialement dans $H^*(X; 2, Q)$.

3. La proposition 3 s'applique notamment : *a.* à une sphère de dimension impaire ; *b.* à un espace de lacets sur un espace simplement connexe dont les nombres de Betti sont finis ; *c.* à un groupe de Lie. En particulier, *les groupes d'homotopie d'un groupe de Lie sont finis en toute dimension où il n'y a pas d'élément « primitif » (donc en toute dimension paire).*

PROPOSITION 4. — *Soit X tel que $\pi_1(X) = 0$, et q un entier. Si $H_i(X)$ est un groupe de torsion pour $1 < i < q$, il en est de même du noyau et du conoyau ⁽⁸⁾ de l'homomorphisme $\varphi_j : H_j(X, q) \rightarrow H_j(X)$ pour tout j . Si en outre la composante p -primaire (p premier) de $H_i(X)$ est nulle pour $1 < i < q$, il en est de même du noyau et du conoyau de φ_j . Ceci vaut notamment pour $\varphi_q : \pi_q(X) \rightarrow H_q(X)$.*

PROPOSITION 5. — *Les groupes d'homologie de la sphère S_3 dont on a tué le troisième groupe d'homotopie sont les suivants :*

$$H_i(S_3, 4) = 0 \quad \text{pour } i \text{ impair} \quad \text{et} \quad H_{2q}(S_3, 4) = \mathbb{Z}/q\mathbb{Z}$$

(Les premiers groupes d'homologie sont donc : $\mathbb{Z}, 0, 0, 0, \mathbb{Z}_2, 0, \mathbb{Z}_3, 0, \mathbb{Z}_4, \dots$).

COROLLAIRE. — *La composante p -primaire de $\pi_{2p}(S_3)$ est \mathbb{Z}_p ⁽⁹⁾.*

La proposition 5 permet de retrouver aisément les résultats connus sur les $\pi_i(S_3)$, $i = 4, 5, 6$: pour $i = 4$, c'est évident; appliquant la suite (I)

⁽⁶⁾ *Ann. of Math.*, 51, 1950, p. 514-533.

⁽⁷⁾ Le rang d'un groupe G est la dimension du Q -espace vectoriel $Q \otimes G$.

⁽⁸⁾ Le conoyau d'un homomorphisme $A \rightarrow B$ est le quotient de B par l'image de A .

⁽⁹⁾ Notre méthode montre également que l'homomorphisme $f_p : \pi_{2p}(S_3) \rightarrow \mathbb{Z}_p$ introduit par N. E. Steenrod est sur.

pour $n=4$, et utilisant le fait que $H_7(Z_2; 4) = Z_2$, on obtient $\pi_5(\mathbf{S}_3) = Z_2$ et $H_6(\mathbf{S}_3, 5) = Z_6$; en appliquant la suite (1) pour $n=5$ on obtient une suite exacte : $\pi_5(\mathbf{S}_3) \rightarrow \pi_6(\mathbf{S}_3) \rightarrow Z_6 \rightarrow 0$, qui montre que $\pi_6(\mathbf{S}_3)$ a 6 ou 12 éléments ⁽⁴⁾.

PROPOSITION 6. — *Les groupes $\pi_7(\mathbf{S}_3)$ et $\pi_8(\mathbf{S}_3)$ sont des groupes 2-primaires; $\pi_9(\mathbf{S}_3)$ est somme directe de Z_3 et d'un groupe 2-primaire.*

On utilise le fait que $H_i(Z_3; 5) = 0$ pour $i=7, 8$, et $H_9(Z_3; 5) = Z_3$ ⁽⁵⁾.

Enfin, si l'on admet les résultats sur les groupes d'Eilenberg-MacLane obtenus par H. Cartan au moyen de calculs dont le fondement théorique n'a pas encore reçu de justification complète, on obtient les résultats suivants (que nous donnons donc comme *conjecturaux*) : pour n impair ≥ 3 , et p premier, la composante p -primaire de $\pi_i(\mathbf{S}_n)$ est Z_p si $i=n+2p-3$, nulle si $n+2p-3 < i < n+4p-6$; celle de $\pi_{4p-3}(\mathbf{S}_3)$ est Z_p , de même (si $p \neq 2$) que celle de $\pi_{4p-2}(\mathbf{S}_3)$. Par exemple, $\pi_{10}(\mathbf{S}_3)$ est somme directe de Z_{15} et d'un groupe 2-primaire.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Formes différentielles sur une variété symplectique.* Note (*) de M^{lle} PAULETTE LIBERMANN, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note qui fait suite à une Note antérieure ⁽¹⁾ résume un exposé polycopié du Colloque de Topologie de Strasbourg ⁽²⁾. Certains résultats de Guggenheimer y sont retrouvés et complétés ⁽³⁾. Relation entre l'adjointe d'une forme différentielle extérieure par rapport à une forme différentielle extérieure Ω de degré 2 et par rapport à une métrique riemannienne F .

1. Dans l'espace numérique R^{2n} , soit Ω une forme extérieure quadratique de rang $2n$. L'adjointe φ_p^* par rapport à Ω d'une forme extérieure φ_p de degré p est définie par $\varphi_p^* = \alpha^{-1}(\varphi_p) \lrcorner \Omega^n/n!$ [α étant le prolongement aux p -vecteurs de l'isomorphisme défini par $\alpha(X) = X \lrcorner \Omega$, où $X \in R^{2n}$] ⁽⁴⁾. Soit F une forme quadratique échangeable ⁽⁴⁾ avec Ω et soient $2n$ formes linéaires ω_β linéairement indépendantes telles que $\Omega = \sum \omega_j \wedge \omega_{j+n}$, $F = \sum (\omega_\beta)^2$, où $j=1, \dots, n$ et $\beta=1, \dots, 2n$. Le produit des dualités par rapport à Ω et F est un automorphisme I de R^{2n} définissant sur R^{2n} une structure d'espace vectoriel complexe. L'automorphisme C , contragrédient de I dans le dual de R^{2n} , se prolonge aux p -formes. On a $C\omega_j = \omega_{j+n}$, $C\omega_{j+n} = -\omega_j$ et en

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(1) CH. EHRESMANN et P. LIBERMANN, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 697.

(2) P. LIBERMANN, *Formes différentielles extérieures* (Coll. Top., Strasbourg, 1951).

(3) *Variétés symplectiques* (Coll. Top., Strasbourg, 1951).

(4) CH. EHRESMANN, *Sur la théorie des espaces fibrés* (Coll. Top. Alg., Paris, 1947); *Sur les variétés presque complexes* (Séminaire Bourbaki, 1950) et (*Proc. Int. Cong. Math.*, 1950, à paraître).

posant $\theta_j = \omega_j + i\omega_{j+n}$, on a $C\theta_j = -i\theta_j$, $C\bar{\theta}_j = i\bar{\theta}_j$. Cet opérateur C , utilisé par Guggenheimer, est, au signe près, l'opérateur C introduit par A. Weil⁽⁵⁾.

Soit $\varphi_p = \Sigma A_{\beta_1 \dots \beta_p} \omega_{\beta_1} \wedge \dots \wedge \omega_{\beta_p}$ une p -forme. L'adjointe de φ_p par rapport à F est par définition⁽⁶⁾ : $\star \varphi_p = \Sigma \delta_{\beta_1 \dots \beta_p}^{1 \dots 2n} A_{\beta_1 \dots \beta_p} \omega_{\beta_1+1} \wedge \dots \wedge \omega_{\beta_p+n}$. On a

$$\varphi_p^* = (-1)^{\frac{n(n-1)}{2} + p} \star C \varphi_p.$$

Introduisons les opérateurs

$$L\varphi_p = \varphi_p \wedge \Omega, \quad \dot{\Lambda}\varphi_p = (\varphi_p^* \wedge \Omega)^* \quad \text{et} \quad \Lambda\varphi_p = (-1)^p \star L \star \varphi_p.$$

On a

$$\dot{\Lambda}\varphi_p = \star C(\star C \varphi_p \wedge \Omega) = \star(C^2 \star \varphi_p \wedge \Omega) = (-1)^p \star L \star \varphi_p \quad \text{car} \quad \star C = C \star.$$

Donc $\dot{\Lambda}\varphi_p = \Lambda\varphi_p$. L'opérateur Λ , identique à $\dot{\Lambda}$, ne dépend que de Ω et non de la forme quadratique échangeable avec Ω .

On supposera désormais $p \leq n$. Une forme φ_p est dite *effective* ou de *classe* 0 si $\Lambda\varphi_p = 0$. Une forme φ_p est dite de *classe* k si $\varphi_p = \psi_{p-2k} \wedge \Omega^k/k!$ où ψ_{p-2k} est effective. Une forme de classe déterminée est dite *simple*.

THÉORÈME 1. — L'adjointe par rapport à Ω d'une forme effective ψ_p est

$$\psi_p^* = \varepsilon_p \psi_p \wedge \frac{\Omega^{n-p}}{(n-p)!} \quad \text{où} \quad \varepsilon_p = (-1)^{\frac{p(p-1)}{2}}.$$

COROLLAIRE. — Si φ_p , de classe k , est égale à $\psi_{p-2k} \wedge \Omega^k/k!$, on a pour son adjointe

$$\varphi_p^* = \varepsilon_{p-2k} \psi_{p-2k} \wedge \frac{\Omega^{n-p+k}}{(n-p+k)!} = (-1)^k k! \varepsilon_p \varphi_p \wedge \frac{\Omega^{n-p}}{(n-p+k)!}.$$

D'où pour une forme effective ψ_r : $\Lambda L^k \psi_r = k(n-r+k+1)L^{k-1} \psi_r$; on en déduit⁽⁷⁾ le *théorème de décomposition* : toute forme φ_p de degré p se décompose d'une manière unique en la somme

$$\varphi_p = \psi_p + \psi_{p-2} \wedge \Omega + \dots + \psi_{p-2q} \wedge \frac{\Omega^q}{q!} \quad \text{avec} \quad q = \left[\frac{p}{2} \right],$$

les ψ_{p-2k} étant effectives. On en déduit la décomposition de φ_p^* .

THÉORÈME 2. — L'opérateur f tel que $f(\varphi_p) = (L^{n-p} \varphi_p)^*$ est un automorphisme de l'espace vectoriel des p -formes aux valeurs propres duquel correspondent les formes simples.

Pour toute forme φ_{n+p} , on a donc $\varphi_{n+p} = f^{-1}(\varphi_{n+p}^*) \wedge \Omega^n$, ce qui exprime le *théorème de Lepage*⁽⁸⁾.

(5) *Comm. Helv.*, 20, 1947, p. 110.

(6) G. DE RHAM et BIDAL, *Comm. Helv.*, 19, 1946, p. 1.

(7) B. ECKMANN et H. GUGGENHEIMER, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 489.

(8) *Bull. Acad. Roy. Belgique*, 1949, p. 325.

CONSEQUENCE. — Pour qu'une forme ψ_p soit effective, il faut et il suffit que : $\psi_p \wedge \Omega^{n-p+1} = 0$. Donc la décomposition en formes simples est identique à la décomposition de Lepage.

2. Sur une variété V_{2n} deux fois différentiable soient : Ω une forme différentielle extérieure quadratique de rang $2n$, F une métrique riemannienne échangeable avec Ω . Le champ des automorphismes I de l'espace tangent R_x^{2n} à V_{2n} en $x \in V_{2n}$ définit sur V_{2n} une structure presque complexe. Soit φ_p une forme différentielle extérieure; on définit φ_p^* , $\star \varphi_p$, $\Lambda \varphi_p$. On définit les *codifférentielles* ⁽⁹⁾ de φ_p relativement à Ω et F respectivement par : $\delta \varphi_p = (d\varphi_p^*)^*$ et $\delta \varphi_p = -\star d\star \varphi_p$ ⁽³⁾. On démontre : $\delta \varphi_p = (-1)^p C^{-1} \delta C \varphi_p$. Nous supposons désormais V_{2n} *symplectique* c'est-à-dire $d\Omega = 0$. On a alors $\partial \Omega = 0$, $\delta \Omega = 0$, $dL = Ld$, $\Lambda \delta = \delta \Lambda$, $\Lambda \delta = \delta \Lambda$.

Si ψ_p est effective, on a : $\psi_p^* \wedge \Omega = 0$, $d\psi_p^* \wedge \Omega = 0$, soit $(\delta \psi_p)^* \wedge \Omega = 0$, et $\delta \psi_p$ est effective; d'où : $d\psi_p^* = \varepsilon_{p-1} \delta \psi_p^* \wedge [\Omega^{n-p+1}/(n-p+1)!]$; on en déduit $d\psi_p = \psi_{p+1} + (-1)^p \delta \psi_p \wedge [\Omega/(n-p+1)]$, où ψ_{p+1} est effective. D'où :

THÉOREME 3. — Si ψ_p est effective, $d\psi_p$ est la somme directe d'une forme effective et d'une forme de classe 1. Pour que $d\psi_p$ soit effective, il faut et il suffit que : $\delta \psi_p = 0$ (on a alors $\delta d\psi_p = 0$).

COROLLAIRE. — Si φ_p est de classe k et si $d\varphi_p$ est simple, $d\varphi_p$ est de classe k ou $k+1$; $\delta \varphi_p$ est alors simple, de classe $k-1$ ou k . [Si $\varphi_p = \psi_{p-2k} \wedge \Omega^k/k!$, $d\varphi_p = d\psi_{p-2k} \wedge \Omega^k/k!$ et $d\varphi_p^* = \varepsilon_{p-2k} d\psi_{p-2k} \wedge \Omega^{n-p+k}/(n-p+k)!]$.

Une forme φ_p fermée et cofermée, c'est-à-dire telle que $d\varphi_p = 0$ et $\delta \varphi_p = 0$, sera dite *harmonique* par rapport à Ω . Une forme simple fermée est harmonique par rapport à Ω car $\varphi_p^* = \lambda \varphi_p \wedge \Omega^{n-p}$ où $\lambda = \text{const}$. Réciproquement si une forme de classe $k \geq 1$ est cofermée, elle est fermée. Pour $k=0$, on déduit seulement que $d\varphi_p$ est effective. Par suite, si φ_p est effective et harmonique par rapport à F , $dC\varphi_p$ est effective.

THÉOREME 4. — Si une forme φ_p est harmonique par rapport à Ω , ses composantes simples sont harmoniques par rapport à Ω .

La démonstration utilise la décomposition de φ_p et φ_p^* et le théorème de Lepage. On en déduit que si φ_p est harmonique par rapport à Ω , il en est de même de $\varphi_p \wedge \Omega^k$.

Si l'on suppose V_{2n} compacte, on démontre qu'une forme harmonique relativement à Ω peut être homologue ou cohomologue à 0 sans être nulle.

⁽⁹⁾ L'opérateur désigné par δ dans ⁽¹⁾ est désigné ici par δ ; δ désigne ici la codifférentielle par rapport à une métrique riemannienne.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la convexité d'un domaine, extérieur à la véritable double courbure.* Note (*) de M. JEAN MIRGUET, transmise par M. Georges Bouligand.

Sur une orthosurface à ptg supérieur fini ⁽¹⁾, un point M de l'extérieur de la véritable double courbure ⁽²⁾ est intérieur à un domaine convexe, si, en M, un plan échappe au biptg₀ ⁽³⁾. Je montre ici que cette même convexité demeure pour la dénombrabilité, ou pour des dispositifs géométriques, des points du voisinage de M, où le biptg₀ ne comprend pas tous les plans.

1. En désignant par (T) les points d'un ensemble où le biptg₀ contient toutes les directions de plans de l'espace, et par (A) l'extérieur, sur une orthosurface à ptg supérieur fini S, de l'ensemble des points où S possède la véritable double courbure, j'ai précédemment cherché à utiliser les propriétés des points de l'espèce (T) pour définir des domaines convexes de (A); j'ai conclu ⁽⁴⁾ que si un point M de (A) n'est pas un (T), M est intérieur à un domaine convexe de (A).

2. La considération de la puissance de l'ensemble \mathfrak{S} des points (T) qui tendent vers M, fournit une condition de convexité de (A), autour de M, plus générale.

En effet, un point quelconque de (A) est intérieur à un sous-domaine de (A) sur lequel le signe superficiel local est toujours le même (supposé négatif); si ce sous-domaine n'est pas convexe, il contient des points M' où S n'a pas de plan d'appui, même au sens large, et ces M', à leur tour, sont limites de points R, où une demi-tg de S est positive opposante. Si, en un de ces points R, le ctg de S n'est pas plan, ou bien, si R est limite de points où le ctg de S n'est pas plan, cet R est un (T). Si, au contraire, un R est intérieur à un nouveau sous-domaine où le ctg de S est toujours plan, les conclusions d'une précédente Note ⁽⁵⁾ sont applicables, et cet R est encore un (T). Donc, tous les non-appuis M' de (A) sont des (T).

Or, en un point R, où le ctg admet une opposante positive Rt, soit Δ une direction de droite exclue du ptg₁; Γ , un cylindre circonscrit à S en R et dont la génératrice est exclue du ptg₂ en R; σ , la section de Γ par le demi-plan ΔRt .

Il existe sur σ , au voisinage de R, une suite de points H_i où la demi-tg opposée à R est positive et cette suite (H_i) correspond biunivoquement, d'une part aux points d'un segment fermé sur une droite, d'autre part aux points G_i

(*) Séance du 14 janvier 1952.

⁽¹⁾ G. BOULIGAND, *Introduction à la Géométrie Inf. Directe*, Paris, 1932, § 82 et *Bull. l'Acad. Polonaise*, 1930, § 11, p. 418.

⁽²⁾ J. MIRGUET, *Revue scientifique*, 1947, § 9, p. 70.

⁽³⁾ J. MIRGUET, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1632.

⁽⁴⁾ *Loc. cit.*, p. 1632, § 3.

de la courbe de contact ΓS , dont chacun est sur la même génératrice qu'un H_i , et ces G_i sont des non appuis, donc, des (T). Par suite, s'il existe une sphère centrée sur un point M de (A), dans laquelle \mathfrak{S} n'a pas la puissance du continu, M est intérieur à un domaine convexe de (A).

3. Une autre condition de convexité d'un sous-domaine (\mathcal{O}) de (A), assez restreint pour qu'une même direction Δ de droite soit toujours exclue sur (\mathcal{O}) du ptg_i de S, et pour qu'une même direction P de plan ne contienne nulle part de paratingente de rang > 1 , s'obtient par la famille continue des courbes de contact C_i des cylindres Γ_i , circonscrits à (\mathcal{O}), et dont les génératrices sont parallèles à P. Chaque C_i rencontre chaque plan P_j parallèle à P en un seul point; les intersections α_j de S et des P_j sont absolument convexes; l'ordre de l'ensemble ponctuel des intersections d'une α_j et des C_i se conserve quand j varie.

Supposons que chaque point de (\mathcal{O}) soit limite de courbes de la famille (C_i) qui ne portent chacune aucun (T) sur toute l'étendue de (\mathcal{O}); alors (\mathcal{O}) est convexe : en effet, (\mathcal{O}) porterait, s'il n'était pas convexe, un point R à opposante Rt et sur l'intersection de S et du demi-plan ΔRt , issue de la Δ de R, il existerait un arc fermé RH, dont tous les points, sauf R, seraient au-dessus de Rt . Or, sur la α_j de R, on pourrait toujours choisir un point U_i , appartenant à une C_i sans (T) et la ctg de S en U_i serait un plan Q, assez voisin de R, pour que Q coupe la Δ de H, en dessous de H; or, le cylindre Γ_i circonscrit en U_i serait indéfiniment convexe négativement et son intersection avec ΔRt passerait en dessous de H, sur le Δ de H. Donc, la α_j de H ne serait pas convexe.

CALCUL MÉCANIQUE. — *Résolution numérique complète d'une équation algébrique quelconque.* Note de M. JEAN PELTIER, présentée par M. Joseph Pérès.

1. On considère l'équation (1) $f(x) \equiv \sum_{i=0}^n a_i x^{n-i} = 0$, où l'on suppose $a_n \neq 0$. Si n est impair, on remplace l'équation (1) par l'équation $xf(x) = 0$. Pour résoudre cette équation, on identifie le premier membre à la forme $\prod_{j=1}^m (x^2 - S_j x + P_j)$ de degré pair $2m$. On résout ainsi un système de n équations à n inconnues S_j, P_j , toutes réelles, calculées de proche en proche par la méthode de Newton. Le calcul des fonctions et de leurs dérivées se fait rapidement par application de la formule de récurrence :

$$(2) \quad S_{2p+2}^q = S_{2p}^q + S_{p+1} S_{2p}^{q-1} + P_{p+1} S_{2p}^{q-2},$$

où S_p^q désigne la somme des produits q à q de p nombres.

2. Cette méthode est rapidement convergente lorsque l'on connaît un sys-

tème de solutions approchées. On peut obtenir un tel système en effectuant les opérations suivantes.

On forme l'équation aux puissances d'ordre 2^p des racines de l'équation (1) :

$$(3) \quad A_0 X^n + A_1 X^{n-1} + \dots + A_{n-1} X + A_n = 0 \quad (X = x^{2^p}),$$

puis l'équation en $(-X)$:

$$B_0 X^n + B_1 X^{n-1} + \dots + B_{n-1} X + B_n = 0 \quad \text{où} \quad B_{2i} = A_{2i}, \quad B_{2i+1} = -A_{2i+1} \quad (i = 0, 1, \dots, m).$$

On calcule les nombres $b = \varepsilon |B|^{1/2^p}$, avec $\varepsilon = \pm 1$, ε étant du signe de B puis les quotients $r_i = b_i / |b_{i-1}|$, qui sont des valeurs très approchées des racines de (1) lorsque celles-ci sont réelles et distinctes. Dans ce cas, les nombres r_i varient en sens contraire de i . S'il n'en est pas ainsi, plusieurs racines ont des modules égaux ou très voisins. Tous les nombres r_{k_0-h} consécutifs inférieurs à r_{k_0} sont remplacés par $\sqrt{r_{k_0} r_{k_1}}$, r_{k_1} étant le nombre r_{k_0-h} dont l'indice est le plus faible.

On détermine une suite des valeurs approchées de nombres P_j , produits de couples de nombres r , en associant d'abord celles des couples de valeurs de r égaux.

3. Pour obtenir les vraies valeurs des racines dont on connaît une valeur approchée des modules, nous utilisons la méthode suivante, particulièrement avantageuse dans le cas de modules multiples et basée sur le calcul du résultant de deux polynômes selon Newton.

Soit P le produit de deux racines. L'équation donnée et l'équation en Px

$$\begin{aligned} a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x + a_n &= 0, \\ a_n x^n + a_{n-1} P x^{n-1} + \dots + a_1 P^{n-1} x + a_0 P^n &= 0 \end{aligned}$$

admettent en commun toutes les racines ayant pour produit 2 à 2 la valeur P . L'élimination des termes en x^n d'une part et des termes constants d'autre part conduit à un système de deux équations de degré $(n-1)$ sur lesquelles on effectue l'élimination des termes en x^{n-1} et des termes constants. En continuant l'opération, on arrive à deux équations équivalentes à une équation dont le premier coefficient est ramené à l'unité et que nous appellerons « équation résultante » (E); cette équation admet comme racines toutes les racines cherchées dont les produits 2 à 2 sont égaux à P . Quatre cas sont possibles :

a. L'équation résultante (E) est de degré impair. Son dernier terme est < 0 .

1 racine $(-r) < 0$ au moins. On divise (E) par $(x+r)$.

b. L'équation résultante (E) est de degré impair. Son dernier terme est > 0 .

1 racine $(r) > 0$ au moins. On divise (E) par $(x-r)$.

c. L'équation résultante (E) est de degré pair. Son dernier terme est < 0 .

2 racines (r) et $(-r)$ opposées au moins. On divise (E) par $(x-r)(x+r)$.

d. L'équation résultante (E) est de degré pair. Son dernier terme est > 0 . Les trois premiers cas se ramènent à ce dernier.

Si σ_p désigne la somme des produits de p nombres S , sommes 2 à 2 des racines de module r , on peut écrire

$$\begin{aligned}\sigma_{2p} &= \bar{A}_{2p} - C_{n-2p+2}^1 P \sigma_{2p-2} - C_{n-2p+4}^2 P^2 \sigma_{2p-4} - \dots - C_{n-2}^{p-1} P^{p-1} \sigma_2 - C_n^p P^p, \\ \sigma_{2p-1} &= -\bar{A}_{2p-1} - C_{n-2p}^1 P \sigma_{2p-3} - C_{n-2p+2}^2 P^2 \sigma_{2p-5} - \dots - C_{n-3}^{p-1} P^{p-1} \sigma_3 - C_{n-1}^p P^p \sigma_1.\end{aligned}$$

où \bar{A}_p désigne les coefficients de l'équation (E)

On est ainsi ramené à résoudre une équation en S dont les racines sont toutes réelles. La méthode exposée au paragraphe 2 permet d'obtenir les modules de ces racines. On obtient les signes des racines de même modules ζ en cherchant la résultante de cette équation en S et de l'équation en $[-(\pi/S)]$, si l'on pose $\pi = \zeta^2$. Cette résultante, de degré $2q$ nécessairement pair, admet q racines > 0 et q racines < 0 . Toutes les autres racines de module ζ de l'équation en S sont égales et ont le signe du terme de degré $(\lambda - 1)$ de la résultante des équations en S et en (π/S) , si λ désigne le degré de cette résultante.

La méthode de l'équation résultante s'applique même si le produit p (ou π) est exact à 10 % près.

4. La suite des calculs de la méthode proposée présente certaines analogies avec la méthode de Graeffe (1). Elle en diffère en ce qu'elle donne toutes les racines avec des calculs qui ne sont pas plus longs que ceux de la méthode de Graeffe et qui ne comportent pas les cas d'incertitude et d'échecs de cette dernière. Dans les exemples ci-après, le critérium de Graeffe fait apparaître deux couples de racines complexes alors qu'il n'en existe qu'une.

$$\begin{aligned}x^6 - 9,5x^5 + 34,84x^4 - 60,62x^3 + 36,84x^2 + 42,48x - 64,8 &= 0, \\ x^5 - 2,6x^4 + 1,6x^3 + 1,6x^2 - 2,6x + 1,0 &= 0.\end{aligned}$$

CALCUL ANALOGIQUE. — *Tracé des trajectoires de corpuscules en suspension dans un fluide animé d'un mouvement permanent.* Note (*) de M. JACQUES MARVAUD, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous nous plaçons dans les conditions suivantes :

1° La vitesse du fluide \bar{U} est suffisamment grande pour qu'il soit possible de négliger l'action de la pesanteur.

2° La masse spécifique du fluide est petite par rapport à celle des corpuscules.

3° L'écoulement est tel que les trajectoires sont planes.

(1) C. H. GRAEFFE, *Auflösung der höheren numerischen Gleichungen*, Zürich, 1837.

(*) Séance du 19 décembre 1951.

D'après la théorie ⁽¹⁾ le mouvement est déterminé par une équation vectorielle du type suivant :

$$(1) \quad \frac{d\vec{U}}{dt} = F(u) \vec{u},$$

$F(u)$ ayant une expression que l'on trouvera dans le mémoire cité (\vec{U} est la vitesse du corpuscule et $\vec{u} = \vec{U} - \vec{U}'$ sa vitesse relative).

Soient A, B, C, ... les positions d'un corpuscule aux instants $t, t + \Delta t, t + 2\Delta t, \dots$. On aura

$$\vec{AB} = \Delta t \vec{U}_{AB}, \quad \vec{BC} = \Delta t \vec{U}_{BC}, \quad \dots,$$

$\vec{U}_{AB}, \vec{U}_{BC}, \dots$ désignent des vitesses moyennes.

Le champ des vitesses \vec{U}' est obtenu au bassin électrique dans l'analogie qui assimile potentiels électriques et potentiels hydrodynamiques. Les vitesses moyennes \vec{U}'_{AB} et \vec{U}'_{BC} s'identifient donc à des gradients dans le bassin.

Posant

$$\vec{u}_{AB} = \vec{U}_{AB} - \vec{U}'_{AB} \quad \text{et} \quad \vec{u}'_{AB} = \vec{U}_{AB} - \vec{U}'_{BC},$$

nous avons évidemment

$$(2) \quad \vec{U}_{BC} = \vec{U}_{AB} + \frac{F(u_B) \Delta t}{2 - F(u_B) \Delta t} (\vec{u}_{AB} + \vec{u}'_{AB}).$$

Si la vitesse \vec{U}_{AB} est connue, il nous sera possible de calculer la vitesse \vec{U}_{BC} . En effet nous pouvons déterminer pour le point C une première position C_0 telle que

$$\vec{BC}_0 = \Delta t \vec{U}_{AB}.$$

Pour des valeurs Δt petites, C_0 est suffisamment voisin de C pour qu'il soit possible de confondre la vitesse \vec{U}'_{BC_0} avec \vec{U}'_{BC} . Nous calculons \vec{u}_{AB} et \vec{u}'_{AB} en prenant pour $F(u_B)$ la valeur connue de $F(u_A)$, nous déterminons ainsi une nouvelle position du point C.

Il nous est alors possible de calculer \vec{u}_B et de connaître la valeur de $F(u_B)$. Si celle-ci est assez différente de $F(u_A)$ nous en tiendrons compte pour déterminer une nouvelle position plus exacte de C. Le choix de Δt permet de n'avoir à effectuer qu'une seule correction.

Application. — Les tracés se font à l'aide de notre traceur de trajectoires ⁽²⁾, ⁽³⁾. Nous choisissons le point de départ de la trajectoire dans une région où la

⁽¹⁾ *Groupeement Recherches Aéronautique*, Rapport technique n° 15.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 436.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 45.

vitesse du fluide est constante. La trajectoire du corpuscule est confondue dans cette région avec une ligne de courant que nous traçons par la méthode indiquée précédemment (*).

Dès que nous sortons de cette région le gradient hydrodynamique varie, il nous est possible de calculer comme nous l'avons indiqué plus haut une première valeur \tilde{u}_m et \tilde{u}_m' ; la valeur de $[F(u)\Delta t][2 - F(u)\Delta t]$ nous est donnée par un abaque que nous avons établi en fonction de u et de Δt .

Nous prenons pour \tilde{U}_m la valeur \tilde{U}_m' de la vitesse du fluide dans la zone de champ constant.

Nous déterminons ainsi la vitesse \tilde{U}_m et d'une façon analogue les vitesses $\tilde{U}_{m+1}, \tilde{U}_{m+2}, \dots$ pour obtenir les points suivants.

Les traces se font par déplacements successifs parallèlement à un axe Ox puis à un axe Oy ; tout d'abord d'une valeur approchée

$$\Delta x_m = \Delta t \tilde{U}_m, \quad \Delta y_m = \Delta t \tilde{U}_m$$

suivis de déplacements complémentaires :

$$\Delta x_m = \Delta t \frac{F(u_m)\Delta t}{2 - F(u_m)\Delta t} (u_m - u_{m-1})$$

$$\Delta y_m = \Delta t \frac{F(u_m)\Delta t}{2 - F(u_m)\Delta t} (u_{m-1} - u_{m-2}).$$

Nous aurons parfois une correction à effectuer en tenant compte de la nouvelle valeur obtenue pour $F(u_m)$.

Ce procédé nous a permis de tracer assez rapidement des trajectoires de gouttelettes d'eau dans un courant d'air autour d'un cylindre et de trouver des résultats analogues à ceux obtenus par MM. Brun, Caron et Vasseur (**).

Un système potentiométrique permet d'obtenir automatiquement la valeur des u et u' et lorsque nous affabons $[F(u)\Delta t][2 - F(u)\Delta t]$ de connaître directement la valeur des déplacements à effectuer.

AÉRODYNAMIQUE. — Sur une détermination expérimentale de la frontière transitionnelle dans un écoulement plan. Note (*) de M. GERARD GONTIER, présentée par M. Joseph Pérès.

Continuant les recherches décrites dans une Note précédente (*) sur le champ des vitesses dans la tuyère d'une soufflerie sonique à écoulement plan (**) au voisinage du col, nous avons cherché à déterminer expérimentale-

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(*) A. MARTINOT-LAGARDE et G. GONTIER. *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2085.

(**) *La Recherche Aéronautique*, 10, 1949, p. 3.

ment la frontière transsonique ⁽³⁾ d'un tel écoulement. A l'approximation du premier ordre en x , la frontière transsonique est représentée par l'équation

$$\frac{y^2}{k^2} = \frac{-4}{\gamma + 1} \frac{x}{k},$$

la vitesse longitudinale réduite sur l'axe Ox de la tuyère étant $1 + (x/k)$.

Il s'agissait de déceler le domaine où une petite perturbation créée en aval de la ligne sonique modifie l'écoulement dans le domaine subsonique. Si l'on produit une surpression avec un obstacle, on modifie tout l'écoulement de la tuyère, car l'obstacle crée un nouveau col où la ligne sonique se porte brusquement. Aussi avons-nous choisi comme perturbation une détente.

La détente a été d'abord réalisée en plaçant dans la veine d'expériences une tige longitudinale de section constante dans laquelle une encoche avait été taillée; mais la superposition de la détente produite et de la surpression qui suit est un phénomène trop complexe. Nous avons utilisé ensuite une tige carrée dans laquelle était taillé un chanfrein; mais la détente s'est trouvée précédée d'une petite compression. Nous avons obtenu une détente simple avec une tige de révolution dans laquelle était taillé un tronc de cône (*fig. 1 a*).

Soit P l'arête de base du tronc de cône. L'exploration se fait le long d'un axe AX , parallèle à Ox et d'ordonnée y ; on maintient fixe une sonde de pression statique S et l'on déplace P longitudinalement : c'est ainsi que le gradient de pression est mesuré avec le plus de précision. Sur l'axe AX , soit A le point de la ligne sonique, B le point de la frontière transsonique, $\overline{AB} = b$, $\overline{AS} = s$, $\overline{AP} = X$. On détermine la différence $p - p_0$ entre la pression p correspondant à s et X donnés et la pression p_0 à même valeur de s , lorsque X est assez grand pour que P n'ait pas d'influence en S . On a représenté (*fig. 1 b*) la surface $p - p_0 = f(s, X - s)$ par ses lignes de niveau $s = \text{const.}$

Déplaçons P à partir de l'aval : lorsque la sonde S est en aval de B , on prévoit une diminution rapide de pression quand P arrive au droit de S ; lorsque S est à l'amont de B , la pression doit commencer à diminuer plus tôt, dès que P arrive en B , puis diminuer rapidement lorsque P est au droit de S . En fait, à cause de la viscosité, la pression commence à décroître dans les deux cas quand P est encore en aval de S . Pour $X - s$ assez petit, on constate qu'au-dessus d'une certaine valeur de s toutes les courbes sont presque confondues; notre interprétation est que ce faisceau partiel de courbes correspond au cas de S en aval de B , c'est-à-dire au domaine supersonique proprement dit.

Si l'on représente la surface $p - p_0$ par ses lignes de niveau $X - s = \text{const.}$, on devrait observer, pour $X - s$ assez petit, un genou à $s = b$. Chacune de nos

⁽³⁾ P. GERMAIN, *La Recherche Aéronautique*, 22, 1951, p. 12, 15 et 20.

courbes présente en effet un genou G_B à peu près à la même valeur de s : nous considérons cette valeur comme la mesure de b (fig. 1c).

Pour avoir automatiquement $X - s$ constant, nous avons percé, dans la tige portant l'arête P, deux orifices S' et S_0 (fig. 2b : sonde transsonométrique) pour mesurer respectivement p et p_0 . Avec ce procédé plus précis on observe un

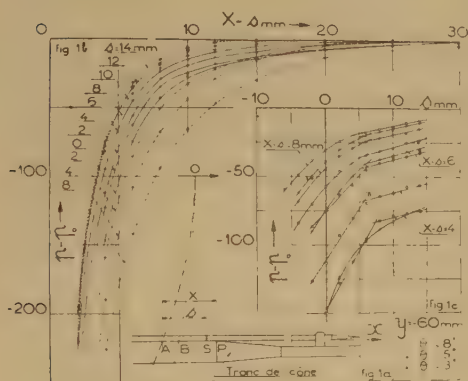


Fig. 1.

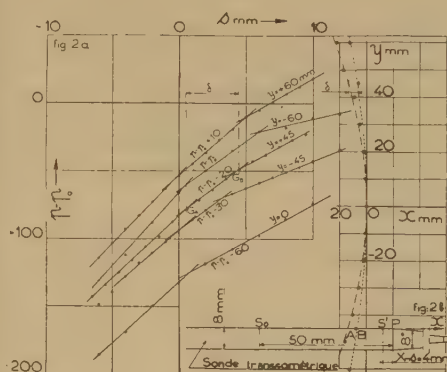


Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — OA, ligne sonique calculée (¹); OB, frontière transsonique calculée.
Les différences de pression $p - p_0$ sont exprimées en millimètres d'alcool.

deuxième genou G_A qui doit correspondre à la ligne sonique (fig. 2a). Nous avons porté, à partir de la ligne sonique calculée (¹), la différence δ entre les abscisses des deux genoux; les points obtenus coïncident à $\pm 0,5$ mm avec la frontière transsonique calculée (fig. 2b).

Nous avons cherché si, dans le domaine transsonique, on pouvait mettre en évidence des écoulements différents avec des conditions aux limites finales identiques et des conditions aux limites initiales différentes (³) : que le solide perturbant soit amené de l'amont ou de l'aval, ou qu'il soit mis en place avant le démarrage de la soufflerie, nous avons obtenu les mêmes résultats.

HYDRAULIQUE. — *Amplitude des oscillations entretenues dans les chambres d'équilibre à étranglement.* Note de M. LÉOPOLD ESCANDE, transmise par M. Charles Camichel.

Détermination graphique de l'amplitude des oscillations entretenues du plan d'eau dans une chambre d'équilibre à étranglement ne satisfaisant pas à la condition de Thoma : expression approchée de cette amplitude.

Dans une Note récente (¹), nous avons montré, par des considérations

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 299.

analytiques, l'existence d'oscillations entretenues du plan d'eau dans les chambres d'équilibre à étranglement, de section inférieure à la valeur limite de Thoma.

1. Certaines hypothèses intervenant dans le calcul, en particulier pour la linéarisation de la perte de charge p dans le canal d'amenée, il importait de prouver que les résultats obtenus demeurent valables non seulement pour les petites, mais également pour les grandes oscillations.

Nous avons pu obtenir ce résultat au moyen d'une méthode graphique déduite des équations (1) de notre dernière Note (1) et affranchie des hypothèses précédentes : l'étude systématique de 44 exemples nous a permis de vérifier l'existence, dans tous les cas, d'un régime stable d'oscillations entretenues.

2. Celles-ci ne sont pas rigoureusement sinusoïdales, ce qui conduit à poser :

$$\begin{aligned} x_{1M} &= -K_1 \frac{r_1}{r_0}, & x_{2M} &= K_2 \frac{r_1}{r_0}, & K &= \frac{K_1 + K_2}{2}; \\ v_{1M} &= -K'_1 \frac{r_1}{r_0}, & v_{2M} &= K'_2 \frac{r_1}{r_0}, & K' &= \frac{K'_1 + K'_2}{2}; \end{aligned}$$

v_{1M} , v_{2M} , x_{1M} , x_{2M} désignant les amplitudes maxima des alternances négatives ou positives de v et de x , grandeur relative de la cote du plan d'eau au-dessus du niveau dynamique du régime permanent considéré, correspondant au débit maximum Q_0 .

La figure 1 donne les valeurs de K_1 , K_2 , K'_1 , K'_2 , la figure 2, celles de K et K' .

Dans les limites intéressant les applications industrielles, les valeurs obtenues sont toutes comprises entre 1 et 1,18, et se rapprochent, en général, beaucoup plus du second chiffre que du premier.

On peut en retenir l'expression approchée par excès

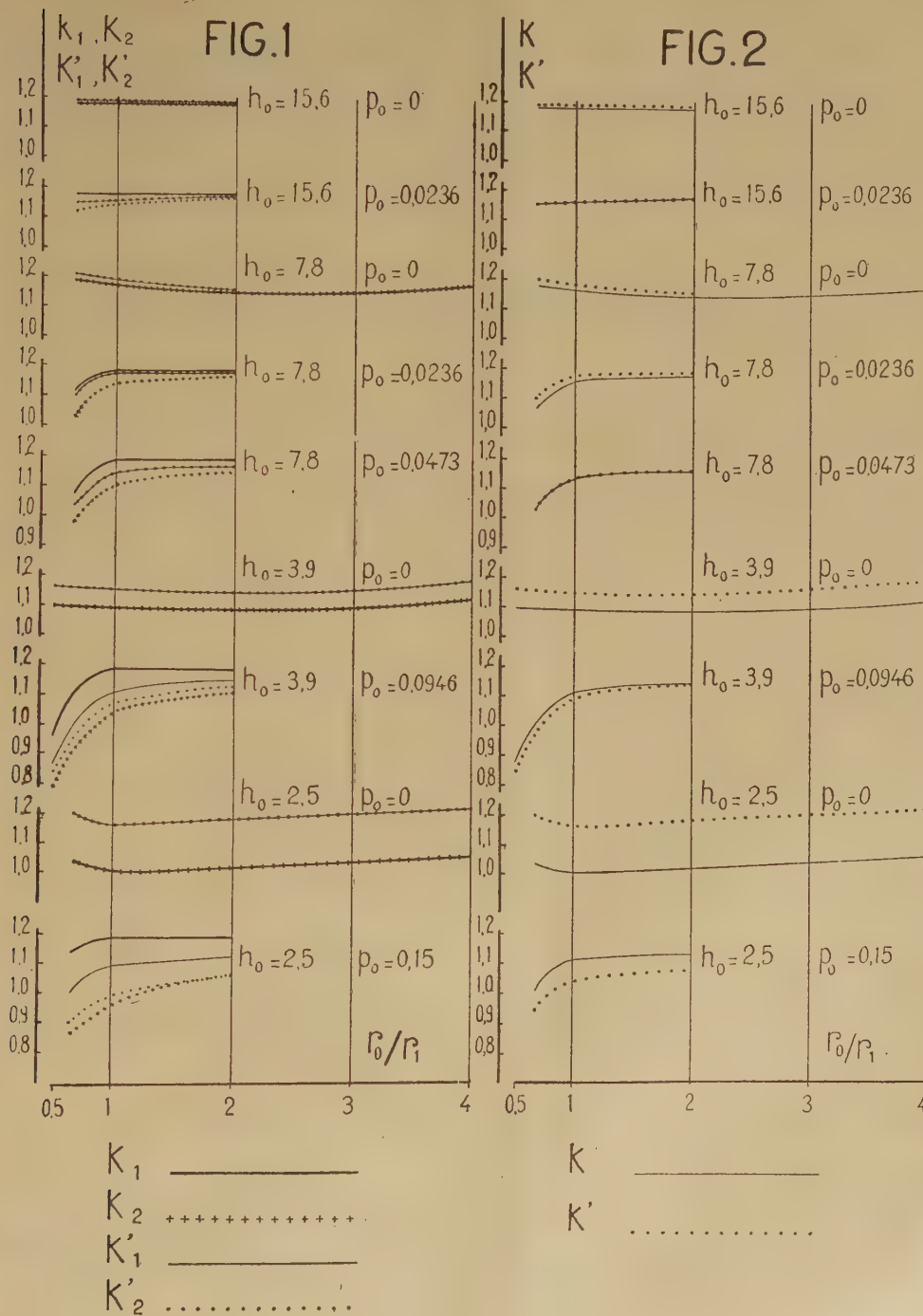
$$X_M = x_M Z_* = 1,18 \frac{r_1}{r_0} Z_* = \frac{1,18}{r_0} \frac{1 - 2 p_0 h_0}{h_0 - 2 p_0} Z_*$$

de l'amplitude des oscillations, l'erreur commise demeurant inférieure à 15 % et restant toujours dans le sens de la sécurité.

3. Nous avons étudié également le cas d'un régime permanent correspondant à une fraction Q_0/n (avec $n > 1$) du débit maximum Q_0 . On obtient des oscillations entretenues dont l'amplitude est donnée par l'expression approchée

$$X_M'' = \frac{1,18}{r_0} \frac{Z_*}{n} \frac{1 - 2 p_0 h_0 \left[1 + \frac{p_0}{h_0} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \right]}{h_0 + p_0 \left(1 - \frac{3}{n^2} \right)} < \frac{X_M}{n}.$$

Cette amplitude est plus faible, non seulement en valeur absolue, mais



encore proportionnellement, que celle des oscillations greffées sur le régime permanent de pleine charge.

Conséquences industrielles des résultats précédents. — Il devient possible d'adopter, en toute sécurité, pour les chambres d'équilibre à étranglement, une section inférieure à la valeur limite de Thoma, à condition d'utiliser un procédé d'asservissement temporaire de la puissance électrique à la pression hydraulique éliminant les oscillations : un non-fonctionnement de ce dispositif n'aurait aucun inconvénient majeur, puisque les oscillations, libérées, auraient une amplitude limitée, au lieu de croître indéfiniment, comme dans une chambre d'équilibre ordinaire.

ASTRONOMIE. — *Méthode photoélectrique de mesure des étoiles doubles.*

Note de MM. **PIERRE LACROUTE** et **PIERRE BACCHUS**, présentée par M. André Danjon.

On propose une méthode de mesure des étoiles doubles par cellule photoélectrique, basée sur la modulation de la lumière par des grilles en mouvement.

Actuellement toutes les méthodes de mesure des étoiles doubles serrées en ρ , θ et Δm sont visuelles, et leur précision est surtout limitée par la qualité ⁽¹⁾ des images stellaires. Elles ne sont pas affectées par la scintillation, et certaines d'entre elles (méthode de Muller et interféromètre) sont peu sensibles à l'agitation; mais elles sont toutes très gênées par la déformation des images. Enfin, même avec de bonnes images, la précision a une limite, qui est celle des estimations visuelles.

Or il a été accompli de grands progrès en photométrie par la substitution des mesures photoélectriques aux estimations visuelles. Il paraît intéressant d'appliquer les mêmes procédés photoélectriques à l'étude des étoiles doubles serrées, malgré les difficultés de ce problème.

Méthode proposée. — Si l'on déplace devant l'image focale d'une étoile simple une grille formée de bandes alternativement opaques et transparentes, le flux lumineux est haché; une cellule donne un courant photoélectrique où l'on sélectionne la composante sinusoïdale fondamentale. Si l'étoile est double, ses composantes A et B donnent deux courants déphasés, dont la résultante a pour amplitude

$$i = i_0 \frac{\sqrt{1 + K^2 + 2K \cos \frac{\pi l}{p}}}{1 + K},$$

l étant la distance des étoiles, projetée sur la perpendiculaire aux bandes de la grille, $2p$ le pas de la grille, K le rapport des éclats des étoiles, et i_0 le courant obtenu avec une étoile simple de même éclat que l'étoile double.

(1) Selon Gaviola (*Astr. J.*, 54, 1949, p. 155) la qualité (seeing) des images présente trois aspects : l'agitation (dancing), les déformations (pulsating), et la scintillation (scintillation).

Le courant i passe par des maxima et des minima pour les valeurs entières de l/p . On déduira l de l'enregistrement des variations de i en fonction de p . La distance ρ des composantes A et B est égale à l si AB est perpendiculaire aux bandes de la grille; sinon ρ se déduit de l d'après les angles de position de l'étoile et de la grille.

Le rapport des intensités extrêmes permet de calculer K , donc Δm .

L'angle de position se mesure en enregistrant les variations de i lorsqu'on fait tourner la grille dans son plan, p étant maintenu constant.

Ces considérations supposent que le courant i_0 que donnerait une étoile simple reste d'amplitude constante au cours des enregistrements. On ne peut l'admettre, à cause de la scintillation d'une part, mais surtout parce que, lorsque le pas $2p$ diminue et s'approche du pouvoir séparateur ρ_0 de l'instrument, les images ne peuvent plus être considérées comme ponctuelles. Les courants provenant des différents points de la tache de diffraction ne sont plus en phase, et i_0 diminue. On a calculé les variations de i_0 en fonction de p/ρ_0 , connaissant la répartition théorique de la lumière dans la tache de diffraction. Mais la variation réelle sera fort différente, et très mal définie, car la répartition de la lumière est modifiée par les déformations d'origine atmosphérique. Il faut donc éliminer l'influence des variations inconnues du facteur i_0 .

On utilise deux grilles orientées à angle droit; on leur donne le même pas, pour qu'elles aient des comportements comparables vis-à-vis de la tache de diffraction; on les fait circuler à des vitesses différentes, afin que les deux composantes fondamentales i_1 et i_2 du courant photoélectrique soient de fréquences différentes, et puissent être séparées par un amplificateur sélectif à deux canaux. On élimine le facteur i_0 en étudiant seulement le rapport i_1/i_2 , dont les variations, en fonction de p ou de l'orientation des grilles, permettent de déterminer ρ , θ et Δm .

L'inconvénient essentiel de cette méthode, outre la complexité de l'appareillage, est qu'elle suppose équivalents les signaux i_1 et i_2 donnés, pour une étoile simple, par les deux grilles rectangulaires. Or l'atmosphère intervient de plusieurs façons pour détruire cette équivalence :

1° L'agitation de l'image se compose avec la vitesse de chaque grille, ce qui a pour effet de modifier la fréquence instantanée des signaux, donc leur taux d'amplification dans l'appareil. A un instant donné l'équivalence n'est généralement pas réalisée, puisque l'agitation se fait dans une direction particulière. Mais on peut espérer que pour l'ensemble d'une mesure l'effet moyen de l'agitation est le même dans les deux directions. Dans ce cas la mesure n'est pas affectée, car on peut réaliser correctement des moyennes dans le temps de i_1 et de i_2 , grâce à la constante de temps de l'amplificateur. Si au contraire l'observation révèle sur une étoile simple une certaine anisotropie permanente

de l'agitation, il sera nécessaire de faire des corrections, ou de répéter les mesures dans des soirées différentes.

2° La déformation des images joue le même rôle que l'agitation, et trouble les mesures lorsqu'elle présente une anisotropie permanente.

3° La dispersion atmosphérique déforme aussi les images, de façon non isotrope. Ce phénomène est stable, et peut être compensé.

Cette méthode photoélectrique promet certains avantages :

1° C'est une méthode objective, qui laissera des documents ;

2° Elle sera limitée en sensibilité seulement par la cellule ;

3° Elle paraît applicable nettement en dessous du pouvoir séparateur de l'instrument, et l'on aura dans ce domaine de véritables mesures. De plus elle permet l'analyse des images données par la méthode interférentielle.

4° Enfin on pourra dépasser la précision des mesures visuelles lorsque les images seront bonnes. Seule l'observation indiquera dans quelle mesure la qualité des images interviendra ; cependant on peut prévoir que le gain sera fréquent pour les Δm .

Ce dispositif a déjà été réalisé dans ses éléments essentiels. Il a été étudié de façon à présenter le minimum de sensibilité à l'agitation. Chaque enregistrement a une durée de 3 mn environ.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la répartition statistique des mouvements des particules en Mécanique quantique.* Note de MM. **ANDRÉ RÉGNIER**, **EVRY SCHATZMAN** et **JEAN-PIERRE VIGIER**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'introduction d'un champ quantique réel (onde-pilote) en Mécanique ondulatoire et des considérations simples sur l'équipartition de l'énergie entre ce champ et les particules qu'il pilote, conduisent à retrouver pour l'état moyen la répartition statistique de Schrödinger.

Dans l'interprétation de la Mécanique quantique, telle qu'elle découle des premiers travaux de M. L. de Broglie ⁽¹⁾ et des travaux plus récents de M. Vigier ⁽²⁾ et de M. D. Bohm ⁽³⁾, on est amené aux conceptions suivantes :

1° La particule est une singularité du type de K. Schwarzschild d'un champ (champ quantique). Ce champ peut être représenté par une déformation infiniment petite de l'espace temps. Ce n'est que dans une région de très petites dimensions, inférieures au « rayon » de la particule que la déformation totale devient trop grande pour être traitée comme infiniment petite. C'est dans cette région que se trouve rassemblée pratiquement toute la masse de la

⁽¹⁾ *J. Phys. Rad.*, 7, 1927, p. 225.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1010.

⁽³⁾ *A suggested new interpretation of the quantum theory in terms of hidden variables* (manuscrit communiqué avant publication aux auteurs).

particule. A l'approximation linéaire relativiste (équations dites de Dirac et de Klein-Cordon) ou à l'approximation non relativiste (équation dite de Schrödinger), l'ensemble déformation-singularité constitue l'onde avec singularité introduite par M. de Broglie dans la première interprétation qu'il a donnée de la théorie de l'onde-pilote ⁽¹⁾.

2. L'introduction de la particule considérée dans un système fait apparaître ce champ quantique. Ce champ se propage instantanément à l'approximation non relativiste et ses propriétés sont fixées par les conditions aux limites. La partie régulière du champ est indépendante de la position de la particule qui, à l'approximation linéaire ne fait pas partie des conditions aux limites.

3. La particule, singularité du champ quantique, décrit une ligne de courant du champ (géodésique de l'espace-temps déformée par le champ électromagnétique et le champ quantique). L'étude macroscopique des propriétés de la matière revient pratiquement à effectuer une statistique sur un ensemble de particules identiques dont les positions initiales sont arbitraires, mais qui sont astreintes à suivre une famille de géodésiques. On peut faire la statistique indifféremment sur la répartition des particules dans l'espace ou sur les géodésiques.

4. Soit par exemple $g_{\mu\nu} = \dot{\phi}_{\mu\nu} + (D_\mu u D_\nu u)^* + \text{conj.}$, où u est le champ physique réel correspondant à la déformation. On peut toujours poser $u = \sqrt{k} \varphi$, où k est une constante universelle et la fonction φ est normée (k dépend de la constante de Planck). Soit ψ l'onde de probabilité, $\psi\psi^*$ étant la densité de probabilité, et posons $\varphi = a e^{(2\pi i/h)\theta}$ et $\psi = \rho e^{(2\pi i/h)\alpha}$. La vitesse de la particule est

$$\frac{\dot{\theta}}{\rho} = -\frac{1}{m} \text{grad } \theta$$

Elle est nécessairement identique en tous points à la vitesse des éléments de probabilité et par conséquent $\theta = \alpha$. Dans ces conditions, ρ , racine carrée de la densité de probabilité obéit à la même équation de continuité que a , amplitude du champ quantique, mais ψ obéit à l'équation déjà obtenue par M. L. de Broglie ⁽¹⁾

$$\Delta\psi - \frac{8\pi^2 m}{h^2} F\psi = \frac{4\pi i m}{h} \frac{\partial\psi}{\partial t} + \left(\frac{\Delta a}{a} - \frac{\Delta\rho}{\rho} \right) \psi$$

qui n'est identique à l'équation de Schrödinger que si $(\Delta a/a) - (\Delta\rho/\rho) = 0$. Comme $D(a/\rho)/Dt = 0$ le long d'une ligne de courant, il suffit de réaliser cette condition dans l'état initial pour qu'elle se conserve ultérieurement.

5. Nous allons montrer que $a = \rho$ dans le cas général, si l'on suppose l'existence d'un état moyen (distribution moyenne) résultant de la préparation initiale des systèmes à l'aide d'appareils macroscopiques. Les particules

⁽¹⁾ *Mémorial des Sciences Physiques*, n° 1, Gauthier-Villars, Paris, 1928.

et le champ φ sont soumis de la part du milieu extérieur à de faibles perturbations stochastiques sous l'influence desquelles le champ φ subit des fluctuations très petites; les fluctuations de la phase θ ne sont pas nécessairement très petites. Les particules voient leur mouvement troublé surtout dans les régions où l'amplitude du champ est très petite. Compte tenu de l'interaction entre le champ et la particule, considérés comme des systèmes de même nature à une infinité de degrés thermodynamiques de liberté, il semble raisonnable d'admettre comme hypothèse stochastique de base l'équipartition en moyenne de l'énergie entre champ et particule.

Or l'énergie de la particule est $\partial\theta/\partial t$, l'énergie du champ est $-T_{11}$. Nous avons donc : $\int \varphi^2 (\partial\theta/\partial t) d\omega =$ valeur moyenne de $(-T_{11})$ dans l'espace (cette valeur étant prise au sens usuel de la valeur moyenne, sans intervention de probabilités). Or, $-T_{11}$ s'exprime à l'aide de $\sqrt{k\varphi}$ (défini au paragraphe 4) et de l'opérateur H . Dans le calcul de la moyenne, calculée à l'approximation non relativiste, on trouve bien $\int \varphi^2 (\partial\theta/\partial t) d\omega = \int \varphi^* H \varphi d\omega$. Cette dernière intégrale peut s'écrire $\int \varphi^* (\partial\theta/\partial t) \varphi d\omega$. Admettant alors la possibilité théorique de diviser l'espace en cellules de dimensions quelconques, en choisissant de telle façon les conditions aux limites que le champ φ soit inaltéré en moyenne, les deux intégrales sont les mêmes pour tout volume, on trouve donc bien $\varphi^2 = a^2$ comme conséquence de notre hypothèse.

6. La préparation initiale d'un système en vue de la mesure se présente donc de la façon suivante : les échanges d'énergie entre le champ et la particule conduisent à une répartition initiale des probabilités, qui se conserve au cours du temps, identique à la répartition de Schrödinger. ψ obéit alors à l'équation de Schrödinger et s'assimile à la solution continue (décrivant une statistique) de l'interprétation précitée (dite de la double solution) de M. de Broglie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Résolution des équations de perturbation.*

1. *Les amplitudes.* Note de M. MICHEL FABRE DE LA RIPELLE, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous utiliserons les équations et développement suivants :

$$i \frac{\partial \psi}{\partial t} = (H_0 - H) \psi, \quad H_0(\vec{r}) \psi_m(\vec{r}) = \epsilon_m^{(0)} \psi_m(\vec{r}),$$

$$\psi(\vec{r}, t) = e^{-i\epsilon_0 t} \psi_0(\vec{r}) + \sum_{m \neq 0} a_m(t) \psi_m(\vec{r}),$$

$$a_m(t) = \int_0^t g_m(\tau) e^{-i(\epsilon_m - \epsilon_0)\tau} d\tau, \quad g_m = \langle \psi_m | H | \psi_0 \rangle.$$

Nous obtiendrons alors les équations de perturbation

$$i g_0(t) + \nu_0^{(2)} [e^{-i\nu_0 t} + a_0(t)] = - \sum_{m \neq 0} H_{0m}(t) a_m(t),$$

$$i g_n(t) + \nu_n^{(2)} a_n(t) = \left[e^{-i\nu_0 t} H_{n0}(t) + \sum_{m \neq n} H_{nm}(t) a_m(t) \right],$$

avec

$$H_{nm}(t) = \int_{(\vec{r})} \psi_n^*(\vec{r}) H(\vec{r}, t) \psi_m(\vec{r}) d\vec{r},$$

$$\nu_n^{(1)} = - H_{nn}(t),$$

$H_{nm}(t)$ étant l'élément de matrice permettant le passage direct d'un état (m) à un état (n).

Nous étudierons ici uniquement le cas où l'hamiltonien de perturbation $H(\vec{r}, t)$ ne dépend pas explicitement du temps ($\partial H / \partial t = 0$); utilisant alors le calcul symbolique avec la correspondance $\gamma_m(s) \subset g_m(t)$ nous obtiendrons

$$\gamma_0(s) - \frac{\nu_0^{(2)}}{\nu_0 - i s} [1 + \gamma_0(s)] = \sum_{m \neq 0} \frac{H_{0m}}{\nu_m - i s} \gamma_m(s),$$

$$\left(1 - \frac{\nu_n^{(2)}}{\nu_n - i s} \right) \gamma_n(s) = \frac{H_{n0}}{\nu_0 - i s} + \sum_{m \neq n} \frac{H_{nm}}{\nu_m - i s} \gamma_m(s).$$

Pour résoudre ce système d'équations, nous considérerons successivement les quantités $a_{01}(m_1; t)$, $a_{02}(m_2; t)$, ..., $a_{0p}(m_p; t)$, ..., représentant les amplitudes de probabilité des états m_1, m_2, \dots, m_p après passage par 0, 1, ..., $p-1, \dots$ états intermédiaires.

Les paramètres indépendants m caractérisant les états, se composant de l'énergie ν , et d'un certain nombre d'autres paramètres q . Les images

$$\gamma_{00}(m_0; s) \subset g_{00}(m_0; t), \quad \gamma_{01}(m_1; s) \subset g_{01}(m_1; t), \quad \dots, \quad \gamma_{0p}(m_p; s) \subset g_{0p}(m_p; t),$$

devront alors satisfaire au système d'équations :

$$\gamma_{00}(m_0; s) - \frac{\nu_0^{(2)}}{\nu_0 - i s} [1 + \gamma_{00}(m_0; s)] = \sum_{1 \neq m_0} \frac{H_{10}(m_1, m_0)}{\nu_1 - i s} \gamma_{01}(m_1; s),$$

$$\left[1 - \frac{\nu_1^{(2)}}{\nu_1 - i s} \right] \gamma_{01}(m_1; s) = \frac{H_{01}(m_0, m_1)}{\nu_0 - i s} [1 + \gamma_{00}(m_0; s)]$$

$$+ \sum_{2 \neq m_1} \frac{H_{21}(m_2, m_1)}{\nu_2 - i s} \gamma_{02}(m_2; s),$$

$$\left[1 - \frac{\nu_2^{(2)}}{\nu_2 - i s} \right] \gamma_{02}(m_2; s) = \sum_{1 \neq m_2} \frac{H_{12}(m_1, m_2)}{\nu_1 - i s} \gamma_{01}(m_1; s)$$

$$+ \sum_{3 \neq m_2} \frac{H_{32}(m_3, m_2)}{\nu_3 - i s} \gamma_{03}(m_3; s),$$

.....

$$\left[1 - \frac{\nu_p^{(2)}}{\nu_p - is}\right] \gamma_{0p}(m_p; s) = \sum_{p-1 \neq m_p} \frac{H_{p-1p}(m_{p-1}, m_p)}{\nu_{p-1} - is} \gamma_{0p-1}(m_{p-1}; s) \\ + \sum_{p+1 \neq m_p} \frac{H_{p+1p}(m_{p+1}, m_p)}{\nu_{p+1} - is} \gamma_{0p+1}(m_{p+1}; s),$$

.....

où $\sum_{p \neq m_{p-1}}$ désigne une somme sur tous les états m_p différents de l'état m_{p-1} ; et où

$$H_{p-1p}(m_{p-1}, m_p) = \int_{(r)} \psi_{m_p}^*(\vec{r}) H(\vec{r}) \psi_{m_{p-1}}(\vec{r}) d\vec{r},$$

$$H_{p+1p}(m_p, m_{p+1}) = \int_{(r)} \psi_{m_{p+1}}^*(\vec{r}) H(\vec{r}) \psi_{m_p}(\vec{r}) d\vec{r}.$$

Les H_{p-1p} (indices croissants) seront responsables de la croissance des états m_p à partir des états m_{p-1} , tandis que les H_{p+1p} (indices décroissants) seront responsables de la décroissance des états m_p vers les états m_{p+1} . On obtiendra la solution en posant

$$\gamma_{0p}(m_p; s) = \frac{\nu_p - is}{\nu_p - i[s + \omega_p(m_p; s)]} \sum_{p-1 \neq m_p} \frac{\mathcal{E}_{p-1p}(m_{p-1}, m_p; s)}{\nu_{p-1} - is} \gamma_{0p-1}(m_{p-1}; s),$$

$$\gamma_{01}(m_1; s) = \frac{\nu_1 - is}{\nu_1 - i[s + \omega_1(m_1; s)]} \frac{\mathcal{E}_{01}(m_0, m_1; s)}{\nu_0 - is} [1 + \gamma_{00}(m_0; s)],$$

ce qui nous conduira à prendre

$$\nu_p^{(2)}(m_p; s) = -\mathcal{A} \left\{ \sum_{p+1 \neq m_p} \frac{\mathcal{E}_{pp+1}(m_p, m_{p+1}; s) H_{p+1p}(m_{p+1}, m_p)}{\nu_{p+1} - i[s + \omega_{p+1}(m_{p+1}; s)]} \right\},$$

$$\omega_p(m_p; s) = \mathcal{J} \left\{ \sum_{p+1 \neq m_p} \frac{\mathcal{E}_{pp+1}(m_p, m_{p+1}; s) H_{p+1p}(m_{p+1}, m_p)}{\nu_{p+1} - i[s + \omega_{p+1}(m_{p+1}; s)]} \right\},$$

où $\mathcal{E}_{p-1p}(m_{p-1}, m_p; s)$ sera solution de

$$\mathcal{E}_{p-1p}(m_{p-1}, m_p; s) \\ = H_{p-1p}(m_{p-1}, m_p) \\ + \sum_{u+1 \neq \begin{Bmatrix} m_p \\ m_{p'} \end{Bmatrix}} \sum_{p' \neq \begin{Bmatrix} m_{p+1} \\ m_{p-1} \end{Bmatrix}} \frac{H_{p+1p}(m_{p+1}, m_p) \mathcal{E}_{p'p+1}(m_{p'}, m_{p+1}; s) \mathcal{E}_{p-1p'}(m_{p-1}, m_{p'}; s)}{\{\nu_{p+1} - i[s + \omega_{p+1}(m_{p+1}; s)]\} \cdot \{\nu_{p'} - i[s + \omega_{p'}(m_{p'}; s)]\}}$$

on montre alors que l'on aura

$$\gamma_{00}(m_0; s) = \frac{i\omega_0(m_0; s)}{\nu_0 - i[s + \omega_0(m_0; s)]},$$

ce qui nous permet la détermination des $\gamma_{0p}(m_p; s)$ par récurrence.

MAGNÉTISME. — *Étude de la constante de trainage dans tout le domaine d'hystérésis.* Note (*) de M. JEAN-CLAUDE BARBIER, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'étude dans les champs faibles ⁽¹⁾, ⁽²⁾, ⁽³⁾, du trainage irréversible ou trainage de fluctuations thermiques permet de le caractériser par une constante S_v donnée approximativement par

$$S_v = \frac{\Delta J}{c(\log t_1 - \log t_2)},$$

où ΔJ représente la variation de l'aimantation entre deux instants t_1 et t_2 postérieurs au processus de variation du champ magnétique appliqué et c la susceptibilité différentielle irréversible au point où l'on étudie le trainage : c dépend non seulement des coordonnées mais aussi de la manière selon laquelle le point a été atteint.

Nous avons poursuivi l'étude du trainage en d'autres points du domaine d'hystérésis. En chaque point nous avons mesuré c et la variation d'aimantation en fonction du temps et nous en avons déduit S_v .

Sur un même alnico ($H_c = 500$) nous avons effectué par exemple les séries de mesures suivantes :

1° Trainage au point B d'aimantation rémanente dans le domaine de Rayleigh (parcours OAB). Lorsque H varie de 20 Oe à 100 Oe, c varie de 0,004 à 0,02, mais S_v reste égal à 1,65 Oe.

2° Trainage au même point B obtenu par un processus différent (parcours OA'B'D'B). En faisant varier H et par suite H'' pour revenir au même point B, on fait varier c . Les résultats ont été les suivants :

c	0,055	0,10	0,13	0,19
S_v	1,60	1,60	1,75	1,80

On constate que S_v augmente légèrement avec c .

3° Trainage dans le champ $-H'$, au point C' d'aimantation voisine de zéro, après le parcours OA'B'C'. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

c	0,05	0,08	0,095	0,12	0,15	0,16	0,25	0,36	0,55
S_v	1,70	1,60	1,60	1,65	1,70	1,75	1,60	1,60	1,55

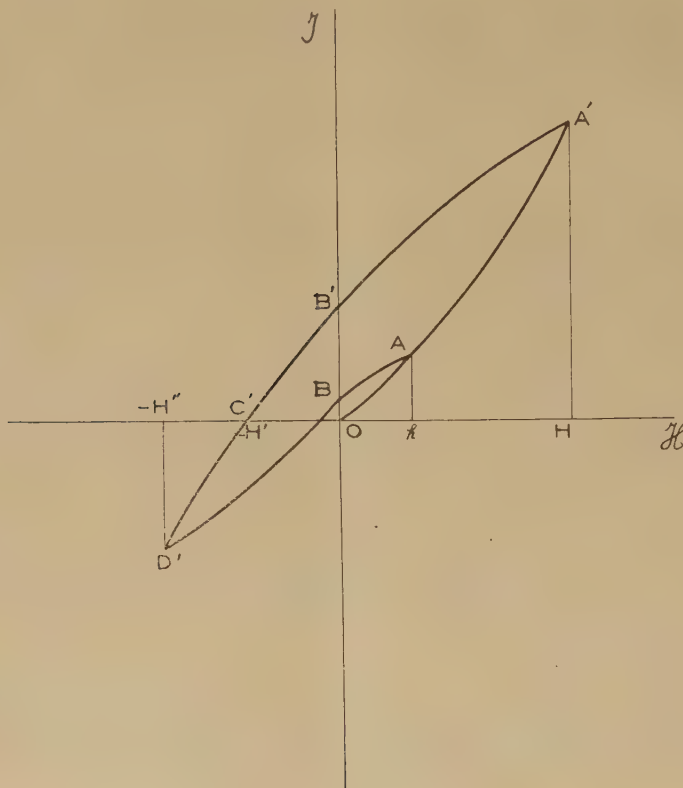
(*) Séance du 7 janvier 1952.

⁽¹⁾ L. NÉEL, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 49.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1040.

⁽³⁾ L. NÉEL, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 191.

Les valeurs de S_v s'écartent peu de la valeur moyenne 1,65. Les mesures sont délicates car il est difficile de conserver un champ rigoureusement constant pendant l'étude du traînage et de mesurer c avec précision à cause de l'existence même du traînage. Les écarts entre les valeurs de S_v trouvées peuvent être attribués aux erreurs possibles des mesures.



Sur des échantillons d'œrstitute (Oe 400, Oe 120), prêtés par K. Kronenberg, nous avons pu comparer les valeurs de S_v obtenues pour des aimantations très différentes. Cet auteur a trouvé^(*) que l'aimantation rémanente *après saturation* diminuait proportionnellement à $\log t$ dans un intervalle de temps allant de quelques minutes à un an environ.

De ses résultats, après avoir mesuré c , nous avons déduit S_v . Sur les mêmes échantillons, nous avons aussi déterminé S_v dans le domaine de Rayleigh, pour des aimantations rémanentes mille fois plus faibles et des valeurs de c de 20 à 40 fois plus faibles. S_v variait de 20 à 30 % environ.

Ainsi pour une substance donnée, S_v reste sensiblement constant quelles que soient les variations d'aimantation, de champ et de susceptibilité

(*) Résultats inédits.

différentielle irréversible. Ces résultats sont en accord avec la théorie du trainage irréversible développée par L. Néel. Leur simplicité est en faveur de l'hypothèse fondamentale qui en est à la base : l'existence d'un *champ magnétique interne* fluctuant, s'ajoutant au champ appliqué, ou champ de trainage irréversible, d'amplitude égale à $S_v \log t$.

Selon L. Néel, ce champ serait proportionnel à la racine carrée du volume des discontinuités Barkhausen. Les résultats obtenus ici semblent montrer que pour les substances étudiées, *magnétiquement dures*, le volume de ces discontinuités varie peu, de 40 à 60 %, dans tout le domaine du cycle d'hystérésis.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur certaines méthodes de détermination du champ sur l'axe en optique électronique.* Note de M. **FRANÇOIS BERTEIN**, présentée par M. Louis de Broglie.

La détermination des trajectoires électroniques dans les champs électriques ou magnétiques statiques (lentilles de révolution, etc.) nécessite une connaissance suffisamment approchée de la loi de potentiel $v(x, y, z)$ sur l'axe Oz , soit $v(O, z)$. Il revient au même de connaître un nombre limité de paramètres définissant la structure de $v(O, z)$, par exemple les premiers coefficients de son développement en série de fonctions orthogonales : fonctions trigonométriques, polynômes de Legendre. Ce dernier cas sera pris pour fixer les idées, les coefficients du développement correspondant de $v(O, z)$ se ramènent alors aux intégrales

$$(1) \quad V_{K0} = \int_a^b z^K v(O, z) dz \quad (K \text{ entier})$$

prises sur l'intervalle (a, b) du champ considéré, c'est-à-dire le cas échéant $(-\infty, +\infty)$. Les expressions (1) s'obtiennent aisément pour les lentilles électrostatiques usuelles constituées par un certain nombre d'électrodes perforées A_i , minces et parallèles (exemple : lentilles de microscope, sources d'ions); on peut faire appel dans ce but à un *procédé de superposition* suivant lequel la loi de potentiel v est égale à une combinaison linéaire des lois partielles v_i propres à chaque électrode A_i *supposée seule*. Il est facile de voir que cette propriété utilisée par Regenstreif dans une lentille de révolution ⁽¹⁾ se fonde sur l'observation suivante : étant donnée la loi v_1 créée par A_1 , chacune des autres électrodes se trouve située sensiblement sur une surface équipotentielle de v_1 ; de même en ce qui concerne v_2, \dots

Il en résulte que la propriété de superposition est valable moyennant des conditions assez larges (distances entre les plaques au moins égales, en principe, aux petites dimensions des ouvertures correspondantes). Elle s'applique-

⁽¹⁾ *Annales de Radioélectricité*, 6, 1951, p. 51.

rait à des systèmes d'électrodes minces mais non planes : cylindriques coaxiales par exemple. Nous en déduirons ici une expression très simple du potentiel cherché $v(O, z)$; $v_i(O, z)$ désignera la loi partielle de Λ_i créant un champ unité de part et d'autre de cette électrode, soit :

$$(2) \quad v_i(O, z) = -\frac{2(z - z_i)}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{z - z_i}{c_i}, \quad -\sqrt{c_i^2 + (z - z_i)^2}$$

dans les cas respectifs de l'ouverture circulaire et de la fente à bords parallèles (z_i = abscisse de Λ_i ; c_i = rayon ou demi-largeur d'ouverture). Si la distribution $v(O, z)$ fournit les valeurs $E_1, E_2 \dots E_{n-1}$ aux champs des divers intervalles des n électrodes (mesurés loin des ouvertures), les champs extrêmes étant nuls, on peut montrer que :

$$(3) \quad v(O, z) = \sum_i \frac{E_i - E_{i-1}}{2} v_i(O, z) \quad (E_0 = E_n = 0).$$

D'où les valeurs de V_{K0} à l'aide de quadratures classiques.

On ramènera au précédent, le cas de lentilles d'immersion formées à partir d'une cathode C émissive plane en $z = 0$; il suffit à cet effet de faire intervenir au lieu de C les images électriques des électrodes par rapport à son plan $z = 0$; une Note ultérieure montrera dans ces conditions l'intérêt des V_K pour des valeurs demi-entières de K , expressions encore calculables.

Considérons encore le cas de lentilles électriques ou magnétiques constituées par des surfaces cylindriques équipotentiellles tracées sur un même cylindre Γ de génératrices parallèles à Oz (les champs extrêmes étant nuls : lentille à deux cylindres) ⁽²⁾. Nous envisagerons tout d'abord la fonction $V_K(x, y)$ définie par l'intégrale (1) appliquée maintenant à $v(xy, z)$, de sorte que $V_{K0} = V_K(0, 0)$. On établit aisément la loi de récurrence

$$(4) \quad \begin{cases} \Delta V_K = -K(K-1)V_{K-2} + q_K, \\ q_K = K[b^{K-1}v(b) - a^{K-1}v(a)] \end{cases}$$

(Δ : laplacien à deux variables xy).

La première de ces équations : $\Delta V_0 = 0$ a servi de base à l'étude des lentilles faibles ⁽³⁾.

Dans le cas de symétrie de révolution par exemple, nous pourrions alors calculer les divers $V_K(r)$ de proche en proche (r coordonnée radiale) :

$$(5) \quad \begin{cases} V_0(r) = V_{00}, & V_1(r) = \frac{q_1}{4}r^2 + V_{10}, \\ V_2(r) = \frac{q_2 - 2V_{00}}{4}r^2 + V_{20}, \\ V_3(r) = -\frac{3}{32}q_1r^4 + \frac{q_3 - 6V_{10}}{4}r^2 + V_{30}. \end{cases}$$

⁽²⁾ P. GRIVET et M. BERNARD, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 788.

⁽³⁾ *J. de Phys.*, 12, 1951, p. 595; *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 491.

Une approximation due à Bertram ⁽⁴⁾ permet de déterminer les valeurs de ces fonctions sur le cylindre Γ des électrodes; les relations (5) achèvent par suite de les déterminer d'où résultent les valeurs des V_{RO} cherchées.

Une précédente publication ⁽⁵⁾ envisage enfin les expressions (1) pour des potentiels créés par des défauts de lentilles.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Effet du bruit de fond sur la fréquence des auto-oscillateurs à lampes. Précision ultime des horloges radioélectriques.*

Note de M. **AUGUSTIN BLAQUIÈRE**, présentée par M. Louis de Broglie.

On étudie l'influence de l'effet Johnson et de l'effet Schottky sur l'oscillation propre d'un auto-oscillateur à lampe, stabilisé en amplitude. L'action d'une impulsion élémentaire est décrite en tenant compte de la non-linéarité des équations. On en déduit la forme de l'oscillation obtenue et les fluctuations de la fréquence du signal.

1. *Principe de l'étude.* — Un auto-oscillateur stabilisé en amplitude ne suit jamais une loi rigoureusement sinusoidale. L'effet de la courbure des caractéristiques mène en première approximation à représenter son spectre de puissance par une succession de raies. A chacune des raies, représentant les harmoniques, se superpose un spectre continu dû à des perturbations aléatoires de natures diverses qui prennent naissance en certaines régions du système. Les sources de fluctuations envisagées ici seront : l'effet de grenaille de la lampe oscillatrice et la résistance ohmique du circuit L, C, r . Nous limiterons notre étude au spectre continu qui se superpose au fondamental.

L'oscillateur pris comme exemple renferme une seule lampe, avec C. O. branché entre grille et cathode. Les méthodes de calcul classiques permettent d'établir aisément la relation qui lie la f. é. m. E de bruit due à la résistance-série r du C. O., la f. é. m. E_L équivalente au bruit de la lampe, et le potentiel de grille V . La caractéristique de la lampe étant représentée, au voisinage du point de repos choisi par le développement

$$i_p = SV + aV^2 + bV^3$$

(i_p , courant de plaque; S , pente de la lampe; a, b , coefficients caractéristiques de sa courbure), on trouve

$$\begin{aligned} LC \frac{d^2}{dt^2}(V - E_L) + (rC + MS) \frac{d}{dt}(V - E_L) - (V - E_L) + Ma \frac{d}{dt}(V - E_L)^2 + Mb \frac{d}{dt}(V - E_L)^3 \\ = - \frac{d}{dt}(MSE_L + 2MaVE_L - 3MbV^2E_L) - E. \end{aligned}$$

⁽⁴⁾ *Proc. Inst. Radio Engrs*, 28, 1940, p. 418.

⁽⁵⁾ *J. Phys.*, 9, 1948, p. 104.

Une étude de cette équation générale nous a montré que le bruit de la lampe peut être négligé à côté de celui du C. O. Nous allégerons donc la suite du calcul en posant $E_L = 0$.

2. *Méthode de calcul.* — Nous examinerons le cas où $E(t)$ est une impulsion au temps t_j , produite par un choc électronique, et nous sommerons ensuite sur les t_j pour exprimer l'effet statistique du bruit. Suivant une méthode commode, préconisée en particulier par Rice, nous rechercherons une solution de l'équation précédente (simplifiée en faisant $E_L = 0$) de la forme

$$V = V_0 + V_1 + V_2 = A_0 \sin \omega_0 t + X(t) \sin \omega_0 t + Y(t) \cos \omega_0 t,$$

V_0 étant le signal idéal non perturbé ($V_0 = A_0 \sin \omega_0 t$), V_1 et V_2 , deux oscillations en quadrature modulées par des fonctions $X(t)$ et $Y(t)$ que nous supposons lentement variables. Cette dernière hypothèse est légitime car le spectre cherché a une faible largeur. Dans ces conditions, l'équation de départ est équivalente (si l'on ne tient pas compte des termes de pulsations $2\omega_0$, $3\omega_0$, ...) au système

$$\begin{aligned} \omega_0^2 V_0 - 2\varepsilon\omega_0(1 - \beta V_0^2) V_0' + V_0'' &= 0, \\ V_1'' + 4\varepsilon\omega_0 \left[1 + \beta V_0(V_1 + V_2) + \frac{\beta}{2}(V_1 + V_2)^2 \right] V_1' + [\omega_0^2 + 2\varepsilon\omega_0 \beta V_0'(V_1 + V_2)] V_1 \\ + V_2'' + 4\varepsilon\omega_0 \left[-\beta V_0(V_1 + V_2) + \frac{\beta}{2}(V_1 + V_2)^2 \right] V_2' + [\omega_0^2 + 2\varepsilon\omega_0 \beta V_0'(V_1 + V_2)] V_2 &= \omega_0^2 E(t). \end{aligned}$$

3. *Fluctuations de la fréquence.* — Nous pouvons décomposer le choc $E(t)$ suivant la même méthode en deux parties E_1 et E_2 , la première en phase avec le signal, la deuxième en quadrature; moyennant quoi, la deuxième équation est équivalente au système :

$$\left. \begin{aligned} V_1'' + 4\varepsilon\omega_0 V_1' + \omega_0^2 V_1 &= \omega_0^2 E_2(t) \\ V_2'' + \omega_0^2 V_2 &= \omega_0^2 E_1(t) \end{aligned} \right\} \text{approximation du premier ordre pour un bruit faible.}$$

La partie V_1 , qui se superpose au signal, en phase avec lui, traduit la modulation de l'amplitude apportée à ce dernier par la partie E_2 du choc. La partie V_2 , en quadrature et de faible amplitude, permet de calculer le déphasage produit par la petite perturbation $E_1(t)$. L'équation en V_2 nous montre que le système garde indéfiniment la mémoire de chaque déphasage élémentaire.

Ces déphasages, tantôt positifs, tantôt négatifs, ont une espérance mathématique nulle. Leur moyenne quadratique croît proportionnellement au temps. La méthode suivie permet le calcul de la moyenne quadratique du déphasage au bout du temps τ , on trouve

$$\overline{\Delta\Phi^2} = \frac{kTr\omega_0^2\tau}{A_0^2}$$

(k , constante de Boltzmann; T , température absolue de la résistance r). Il

est facile d'en déduire le carré moyen $\overline{\Delta\tau^2}$ de l'erreur commise sur la mesure de τ si l'on utilise l'oscillateur précédent comme horloge radioélectrique :

$$\sqrt{\overline{\Delta\tau^2}} = \frac{\sqrt{kTr\tau}}{\Lambda_0}.$$

Le quartz utilisé dans un oscillateur de Pierce ayant les constantes suivantes : $r = 184\Omega$ dans le vide, $C = 0,0475 \mu f$, $L = 175,5 h$, $f = 5 \cdot 10^4$ Hz, on trouve pour erreur commise sur la mesure d'un jour sidéral :

$$\sqrt{\overline{\Delta\tau^2}} = 1,43 \cdot 10^{-7} s.$$

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Application des phénomènes de résonance à la réalisation d'un fréquencesmètre à haute sensibilité.* Note (*) de MM. **JEAN LAGASSE** et **ROBERT LACOSTE**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs exposent le principe de la réalisation d'un fréquencesmètre basé sur un phénomène de résonance électrique.

La connaissance précise de la fréquence d'une tension alternative constitue un problème de première importance dans un grand nombre d'études de Laboratoire, soit que l'on ait besoin d'une valeur instantanée, soit au contraire qu'il faille suivre ses variations par enregistrement pendant un temps donné.

C'est sous cette dernière forme que la question se pose aux services de transport d'énergie électrique qui doivent être à même de remédier rapidement à une baisse ou une hausse de fréquence du réseau général, suivant l'amplitude des charges qui lui sont imposées, et il est intéressant de souligner l'importance que présente, pour le service des mouvements d'énergie, la connaissance de la valeur précise de la fréquence.

Nous avons essayé de résoudre le problème de façon aussi complète que possible en construisant un fréquencesmètre satisfaisant aux conditions de précision, de fidélité et de rapidité de réponse, susceptible d'en recommander l'emploi, aussi bien sous la forme d'enregistreur que d'appareil à lecture directe.

L'appareil, dans sa réalisation définitive se présente sous la forme suivante :

Un moteur synchrone triphasé, dont le rotor de construction spéciale permet d'assurer une mise en route facile, d'atteindre rapidement la vitesse de synchronisme et de s'y maintenir, entraîne un alternateur 400 Hz dont le circuit inducteur est constitué par des pôles à aimants permanents.

(*) Séance du 14 janvier 1952.

Le circuit de l'induit de cette dernière machine débite sur un circuit résonnant, constitué par une self et un condensateur, circuit accordé sur une fréquence voisine de la fréquence nominale de l'alternateur (*fig. 1*).

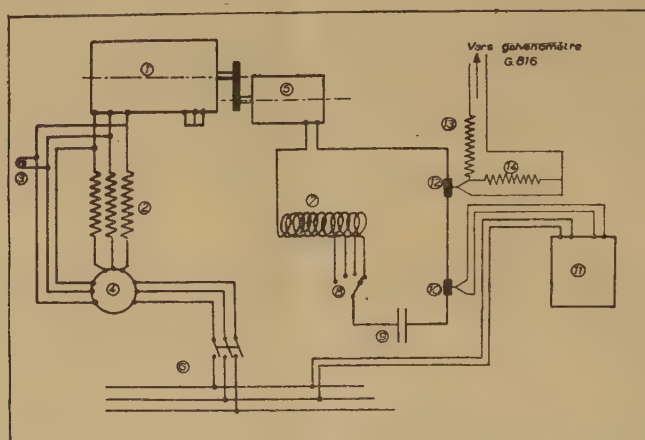


Fig. 1.

Le courant I mesuré dans le circuit ci-dessus, par l'intermédiaire d'un appareil à thermo-couple, varie en fonction de la fréquence de l'alternateur et ainsi de la fréquence du réseau. Sur une partie importante de l'étendue de la graduation, la loi de cette dernière est pratiquement linéaire. L'appareil enregistreur à thermo-couple peut donc être gradué directement en hertz, après étalonnage préalable.

L'appareil que nous avons réalisé possède quatre sensibilités étalées de 46 à 51 Hz.

La figure 2 représente l'échelle de l'appareil pour les quatre sensibilités.

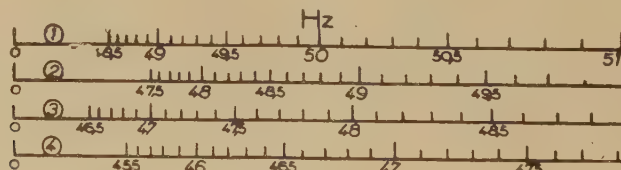


Fig. 2. — Échelle du fréquencesmètre à quatre sensibilités
(l'échelle réelle est une fois et demie plus étendue).

Considéré sous sa forme actuelle, cet appareil permet d'étaler 1 Hz sur un peu moins de 6 cm, équipé avec un second thermo-couple, alimentant un galvanomètre à enregistrement par cellule photoélectrique, la longueur d'échelle correspondante sera d'environ 15 cm pour 1 Hz.

OPTIQUE. — *Interféromètre par double réfraction en lumière blanche et sans dédoublement pour la microscopie.* Note (*) de M. MAURICE FRANÇON, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note (1) nous avons indiqué une nouvelle méthode d'observation des objets transparents. L'objet, éclairé en faisceau parallèle, est observé à travers un polariscope de Savart. Celui-ci comme nous l'avons montré, peut être placé avant l'objectif du microscope ou dans l'oculaire. Dans les deux cas il y a dédoublement dû à la biréfringence du polariscope, de sorte que si l'objet est petit il interfère avec une autre région du champ d'observation dans laquelle il n'y a pas de détails. L'objet apparaît ainsi grâce à un fond cohérent pris à côté de l'objet lui-même et dans une région où il n'y a pas d'autres objets. Lorsque les objets sont larges, il y a recouvrement de parties différentes, ce qui complique l'interprétation sans changer la netteté des images. Nous avons alors proposé une méthode différentielle évitant ce dernier inconvénient mais donnant une précision moindre.

La présente Note ne change rien au principe précédemment donné, elle précise seulement un nouveau mode d'utilisation donnant dans certains cas de grands avantages.

Au lieu d'interposer le polariscope tout entier entre la préparation et l'objectif, plaçons une lame du polariscope sous la préparation et l'autre par dessus. L'objet est encore dédoublé en deux images, l'une ordinaire et l'autre extraordinaire. C'est la seule différence avec les montages indiqués dans la première Note où l'on avait une image ordinaire-extraordinaire et une image extraordinaire-ordinaire. Ces deux images étaient douées de deux astigmatisme égaux et de signes contraires. Maintenant nous avons une image ordinaire théoriquement parfaite et une image extraordinaire entachée d'astigmatisme. On observera évidemment l'image ordinaire en utilisant comme fond cohérent le fond de l'image extraordinaire. L'intérêt principal de ce nouveau procédé est le suivant :

A cause de la différence des indices, l'image ordinaire n'est plus dans le même plan que l'image extraordinaire. Dans le cas du quartz l'image extraordinaire est un peu plus près de l'objectif que l'autre. On a l'effet inverse avec du spath. Pour des lames d'épaisseur suffisante, la distance des images ordinaire et extraordinaire peut être assez grande pour que la mise au point étant faite sur l'une de ces images, l'autre disparaisse complètement. Prenons le cas d'un objectif d'ouverture numérique $n \sin u = 1$. La condition précédente est

(*) Séance du 7 janvier 1952.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1176.

réalisée si la distance de l'image ordinaire à l'image extraordinaire est de l'ordre de 0,1 mm.

Soient n_0 et n_e les indices ordinaire et extraordinaire des lames du polariscope, e leur épaisseur. On est ainsi conduit à la valeur

$$e = 0,1 \frac{n_0 n_e}{n(n_c - n_0)},$$

soit $e = 1$ mm avec du spath et en opérant avec un liquide d'immersion $n = 1,52$. Il existe dans l'industrie des objectifs de grande ouverture numérique et de grande frontale comme l'objectif Koristka X 30, $n \sin u = 1,05$ de 3 mm de frontale qui convient parfaitement. Le quartz ne peut être employé car il donne des épaisseurs beaucoup trop grandes pour ce procédé.

Cette méthode a la même sensibilité que celle indiquée dans la Note citée plus haut sans que le dédoublement soit visible.

FLUORESCENCE. — *Sur la polarisation fondamentale de la luminescence des matières colorantes. Fluorescence et phosphorescence α .* Note de M^{lle} ÉLISABETH LAFFITTE, présentée par M. Jean Cabannes.

On a montré dans une précédente publication ⁽¹⁾ l'intérêt de l'étude de la luminescence des matières colorantes en solution solide dans le plexiglass; en particulier, la mesure du taux de polarisation donne directement la polarisation fondamentale p_0 .

Le montage décrit a été modifié en vue d'une élimination plus complète de la lumière diffusée.

On adopte l'orientation du polariscope de Savart qui donne des franges horizontales; on projette ces franges sur la fente verticale d'un spectrographe de grande ouverture ($f/2$). Les franges se détachent alors sur tout le spectre continu de luminescence; on sait que l'inclinaison du compensateur à pile de glaces qui provoque leur disparition est liée au taux de polarisation que l'on peut ainsi déterminer dans les différentes régions spectrales.

1° *Étude de la fluorescence.* — Dans les mesures précédentes ⁽¹⁾, où l'on ne dispersait pas les radiations émises par l'échantillon, on avait utilisé comme source lumineuse la lampe à vapeur de mercure SP 500 à refroidissement par eau, dont le grand éclat permet des temps de pose de quelques secondes. Mais comme aux raies du mercure se superpose un fond continu très intense, malgré l'interposition d'écrans colorés sur les deux faisceaux, on pouvait craindre dans certains cas qu'une diffusion parasite polarisée d'intensité non négligeable, s'ajoute à la luminescence.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 812.

Nous utilisons maintenant pour l'étude des fluorescences une lampe à vapeur de mercure HP 125, moins intense que la SP 500 (les temps de pose atteignent quelques minutes), mais dont le fond continu est tout à fait négligeable devant l'intensité des raies. Un écran placé sur le faisceau incident isole les radiations excitatrices; l'écran sur le faisceau diffusé devient inutile, car le spectrographe sépare la luminescence et la diffusion parasite de fréquences différentes; de même, la fluorescence bleu pâle du plexiglass excitée par les radiations ultraviolettes apparaît dans une région du spectre différente de la fluorescence de nos colorants.

Grâce au spectrographe, nous avons pu vérifier après d'autres auteurs ⁽²⁾ que le taux de polarisation ne variait pas dans les différentes régions d'un même spectre de fluorescence. Voici les valeurs de la polarisation fondamentale p_0 obtenues avec le nouveau montage : fluorescéine, 0,43; jaune d'acridine ⁽³⁾, 0,42; rhodamine B, 0,43; euchrysine, 0,43; trypaflavine, 0,43; acriflavine, 0,42; pinacyanol, 0,47.

Pour le pinacyanol, en adoptant la configuration électronique du modèle métallique, Nikitine ⁽⁴⁾ a pu calculer les moments de transition pour les différentes formes isomériques. Dans l'hypothèse de l'oscillateur spatial de Jablonski ⁽⁵⁾, unique pour l'absorption et l'émission, en attribuant aux trois oscillateurs composants des amplitudes égales aux moments de transition calculés par Nikitine pour l'isomère trans-trans, nous calculons une valeur de p_0 en bon accord avec la valeur expérimentale.

Le calcul de p_0 pour les autres colorants, à l'aide du modèle métallique, fera l'objet d'une prochaine publication.

2° *Étude de la phosphorescence à température ordinaire* (phosphorescence α). — On élimine la fluorescence et la diffusion, dont les émissions sont pratiquement instantanées, à l'aide du phosphoroscope constitué par deux disques identiques percés de secteurs équidistants, disposés, l'un sur le faisceau incident, l'autre sur le faisceau de luminescence et entraînés par deux moteurs synchrones.

Le flux incident, modulé au double de la fréquence du secteur, traverse le premier disque quand la lampe atteint son éclat maximum; il n'est donc que très faiblement diminué par la rotation de ce premier disque. La durée d'un éclair est 1/400 de seconde. Le décalage entre les disques étant de 1/200 de seconde, le spectrographe n'est éclairé que lorsque le faisceau

⁽²⁾ P. PRINGSHEIM et S. J. WAWILOW, *Z. Phys.*, 37, 1926, p. 705.

⁽³⁾ La valeur relative au jaune d'acridine diffère de celle publiée antérieurement ⁽¹⁾ (0,46) et obtenue sans spectrographe. On peut expliquer ce résultat par l'importance relative de la diffusion et de la fluorescence.

⁽⁴⁾ *J. Chim. phys.*, 47, 1950, p. 614.

⁽⁵⁾ *Z. Phys.*, 96, 1935, p. 238 et *Act. phys. polonica*, 5, 1936, p. 271.

incident est obturé: on élimine ainsi sûrement toute fluorescence ou diffusion. On ne peut déceler que des phosphorescences dont la durée de vie est supérieure à 1/200 de seconde: les corps que nous avons étudiés satisfont à cette condition.

Le rendement de la phosphorescence α étant très faible par rapport à celui de la fluorescence [jusqu'à 10^3 fois moindre ⁽⁶⁾] il faut augmenter l'éclat de la source; nous avons pu reprendre la lampe SP 500, puisque, avec le phosphoroscope, on élimine complètement la diffusion parasite, raies et fond continu.

La bande de phosphorescence α , observée à température ordinaire, a même composition spectrale que la fluorescence. Théoriquement, on devrait aussi obtenir le même taux de polarisation ⁽⁷⁾. Comme Jablonski ⁽¹⁾, nous trouvons des valeurs du taux de polarisation nettement inférieures à celles que nous avons données plus haut (0,43 en moyenne pour la fluorescence: tryptaflavine, 0,32; euchrysine, 0,32; acriflavine, 0,25).

Comme d'autres auteurs l'ont déjà signalé ⁽²⁾ et conformément aux prévisions théoriques, nous avons observé que dans les spectres de phosphorescence le taux de polarisation diminue légèrement (quelques centièmes) vers les grandes longueurs d'onde.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Multiplicateur d'électrons pour l'ultraviolet jusqu'à 1450 Å.* Note de M. VLADIMIR SCHWETZOFF, M^{me} SIMONE ROBIN et M. BORIS VODAR, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans une de nos précédentes Notes ⁽³⁾ nous donnions les caractéristiques d'un multiplicateur d'électrons destiné à l'ultraviolet lointain. Sa fenêtre, en silice fondue de qualité ordinaire de 1 mm d'épaisseur, limitait sa réponse vers 1700 Å, mais nous annoncions la mise au point de multiplicateurs munis de fenêtres plus transparentes, comme celles dont sont pourvues les cellules photoélectriques ayant fait l'objet de notre dernière publication ⁽²⁾.

Les seules données parvenues à notre connaissance sur des appareils conçus dans le même but et construits spécialement par la R. C. A. sur la demande du « Naval Research Laboratory » sont celles tout récemment publiées par Dunkelman et Lock ⁽⁴⁾. Nous croyons donc utile de publier les résultats que nous avons obtenus avec un appareil entièrement construit et sensibilisé par l'un de nous, car ses performances peuvent se comparer très favorablement

(⁶) A. JABLONSKI, *Z. Phys.*, 94, 1935, p. 38.

(⁷) *Act. phys. polonica*, 3, 1934, p. 431.

(¹) V. SCHWETZOFF et M^{me} S. ROBIN, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1759.

(²) V. SCHWETZOFF et M^{me} S. ROBIN, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 316.

(³) *J. Opt. Soc. Amer.*, 41, 1951, p. 802.

non seulement avec celles de ces nouveaux multiplicateurs R. C. A. à enveloppe de quartz (encore inconnus sur le marché français), mais aussi, sous certains rapports, avec les résultats obtenus par la méthode du dépôt fluorescent sur des multiplicateurs en verre de différentes origines⁽¹⁾,⁽²⁾. En effet, les résultats acquis jusqu'ici ont montré que la photoémission directe était supérieure à la méthode des écrans fluorescents, dans la limite de transparence des fenêtres⁽³⁾. Or, d'une part, notre fenêtre en forme de bulle mince soufflée dans du quartz de qualité « homosil » fait gagner une centaine d'angströms par rapport au quartz épais de la R. C. A. (coupure vers 1450 Å au lieu de 1550 Å) et d'autre part, la caractéristique spectrale de notre photocathode la rend moins sensible à l'effet nuisible de la lumière diffuse du monochromateur comparativement aux photocathodes Sb-Cs habituelles, ainsi que l'ont montré des mesures qui feront l'objet d'une publication ultérieure.

Cette photocathode ainsi que les 12 étages multiplicateurs, sont en argent oxydé sensibilisé au césium conformément à une technique mise au point à la suite d'une étude systématique, indépendamment de deux tentatives⁽⁴⁾,⁽⁵⁾ et d'une réussite⁽⁶⁾ qui semblent être restées sans suite. Cette technique consiste essentiellement en un étuvage *prolongé* sur pompe, contrôlé photoélectriquement, qui a pour effet de réduire considérablement l'émission thermique, à tel point que le courant d'obscurité sous 2080 V (160 V : étage) n'est que de $5 \cdot 10^{-11}$ A (alors que la multiplication est de l'ordre de $3 \cdot 10^6$) soit dans notre cas 10^{-14} A : cm² de cathode (la valeur généralement admise pour Ag—O—Cs est de 10^{-12} A : cm²). Sous 180 V : étage, la multiplication dépasse $5 \cdot 10^6$ mais le courant d'obscurité est moins stable. [On connaît des multiplicateurs ayant un rapport signal (visible) obscurité nettement meilleur⁽⁷⁾,⁽⁸⁾, mais leur grande sensibilité autour de 4000 Å les rend trop sensibles à la lumière diffuse, même avec une couche fluorescente épaisse.] La sensibilité au visible est de l'ordre de 24 pA : lm à la cathode (T. de couleur 2550° K) soit 72 A : lm à la sortie. Quant à la sensibilité de cette cathode à l'ultraviolet, le résultat important est que l'étuvage prolongé n'a pas d'effet nuisible, bien au contraire [c.f. (2)]. (La forme de la caractéristique spectrale de ce multiplicateur comparée à celles des cellules fait d'ailleurs penser qu'un étuvage plus poussé aurait accru la sensibilité à l'ultraviolet.)

La figure représente la courbe spectrale brute du multiplicateur répondant à une lampe à H₂ (0,8 Å) dans les mêmes conditions que les cellules de notre

(1) M^{me} S. ROBIN et B. VODAR, *J. Phys.*, (5), 12, 1951, p. 634-635.

(2) F. S. JOHNSON, K. WATANABE et R. TOUSEY, *J. Opt. Soc. Amer.*, 41, 1951, p. 702.

(3) A. DOBRZOLUBSKI, *Phys. Zeitsch. Sowjet.*, 10, 1936, p. 242.

(4) TIMOFFEEV et PIANITZKI, *Phys. Zeitsch. Sowjet.*, 10, 1936, p. 518.

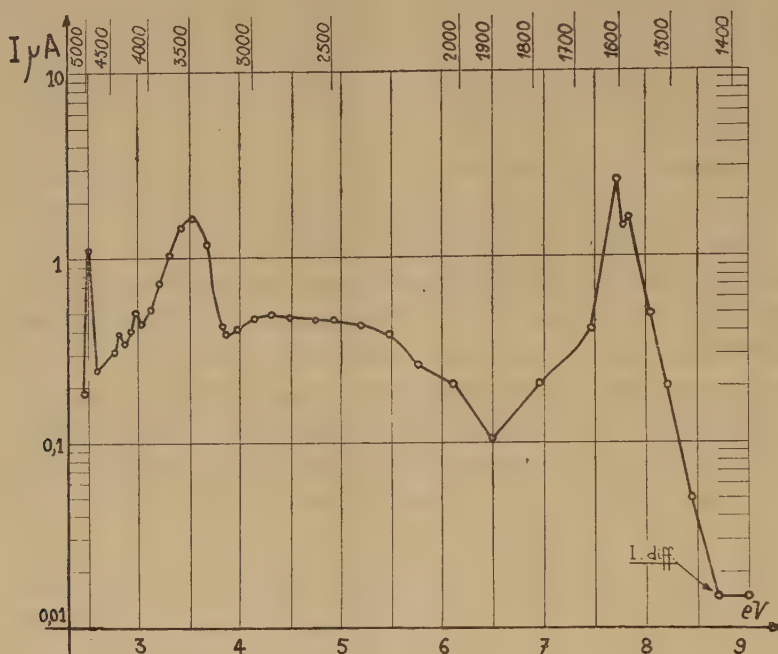
(5) P. ABADIE, M^{me} A. VASSY et E. VASSY, *Ann. Géophys.*, (3), 1, 1945, p. 189.

(6) A. LALLEMAND, *Le Vide*, 4, 1949, p. 618.

(7) N. SCHAETTI et W. BAUMGARTNER, *Le Vide*, 6, 1951, p. 1041.

précédente publication (largeur de bande : 10 \AA)⁽²⁾. (Le courant d'obscurité a été compensé, mais la lumière diffuse donne un courant de $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ A.}$)

La valeur du courant photoélectrique I_d dû à la lumière diffusée dans le monochromateur par rapport au courant utile I_u dans la région de Schumann



(1608 \AA) est une caractéristique essentielle de l'ensemble source-appareil dispersif-récepteur. Dans le cas présent $I_d/I_u = 0,01$ environ; d'après les courbes de Dunkelmann et Lock, il semble qu'ils obtiennent une valeur du même ordre, mais des mesures faites par la méthode de la fluorescence indiquent que notre réseau est plus diffusant; la comparaison est donc en faveur de notre multiplicateur.

CHIMIE PHYSIQUE. — Tensions superficielles et rayons covalents.

Note (*) de M. JEAN-FRANÇOIS JOLIET, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une Note précédente nous avons montré que les tensions superficielles γ_t des monohalogénures alcooliques normaux $C_n H_{2n+1} X$ pouvaient être calculées à partir de la relation

$$(1) \quad A - \gamma_t = (A - a_X) e^{-kn},$$

où la tension limite A , vers laquelle tend γ_t quand n croît, est indépendante

(*) Séance du 7 janvier 1952.

de l'halogène X et égale à la tension spécifique de CH_2 telle qu'on la déduit du parachor de ce groupement (32,5 dynes : cm à 30° C).

Une méthode différente de celle qui nous a conduit à cette relation mène à des conclusions identiques.

Si, pour une température donnée, on porte en abscisses les rayons covalents de Pauling des atomes d'halogènes X ⁽¹⁾ et en ordonnées les tensions superficielles des monohalogénures normaux $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{X}$ à même nombre d'atomes de carbone ⁽²⁾, on obtient une droite.

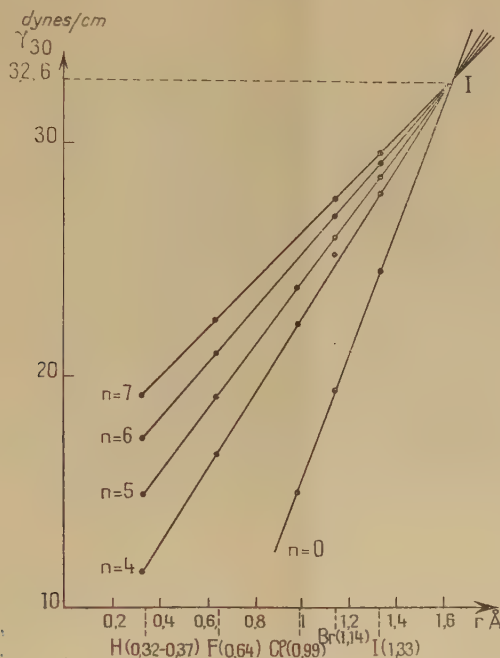


Fig. 1.

Si la relation (1) est exacte, c'est-à-dire si les courbes représentatives de γ_t tendent vers une limite commune A, on doit obtenir, pour différentes valeurs de n (4, 5, 6, 7, ...), une famille de droites concourantes dont l'ordonnée du point d'intersection doit être égale à A, c'est-à-dire à 32,5 dynes : cm, environ à 30° C.

Les figures 1 et 2 montrent qu'il en est ainsi.

Les droites précédentes ont pour coefficient angulaire :

$$(2) \quad \alpha = \frac{A - \gamma_t}{\Delta r} \quad (\Delta r = r_{\text{CH}_2} - r_X).$$

(1) $r_{\text{H}} = 0,30-0,37$ Å ; $r_{\text{F}} = 0,64$ Å ; $r_{\text{Cl}} = 0,99$ Å ; $r_{\text{Br}} = 1,14$ Å ; $r_{\text{I}} = 1,33$ Å.

(2) Même remarque que dans la Note précédente : n doit être ≥ 4 .

On vérifie facilement que l'on a sensiblement

$$(3) \quad \alpha = \alpha_0 e^{-kn},$$

où $k = 0,140$ et $\alpha_0 = 28,8$ à 30°C .

Des relations (1), (2) et (3), on tire

$$(4) \quad \Delta - \alpha_X = \alpha_0 (r_{\text{CH}_3} - r_X) \quad \text{ou} \quad \Delta\gamma = \alpha_0 \Delta r.$$

On sait d'autre part que l'on obtient des valeurs sensiblement égales aux

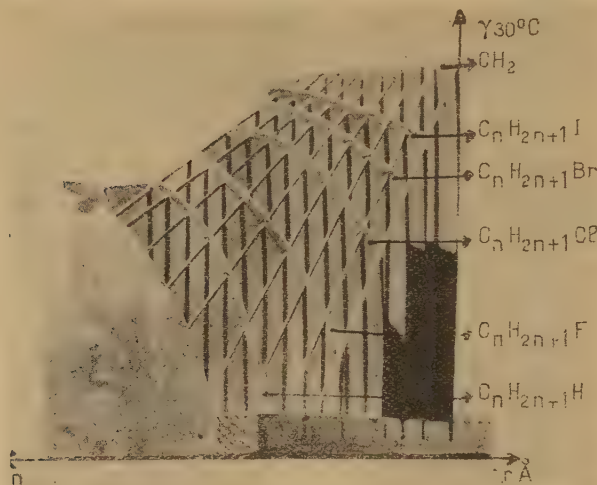


Fig. 2.

rayons de van der Waals des atomes, en augmentant les rayons covalents de Pauling, de $0,77 \text{ \AA}$ environ.

$$R_V = R_P + 0,77 \text{ \AA}.$$

Donc, si l'on porte en ordonnées les tensions superficielles des composés $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{X}$ à même nombre d'atomes de carbone, en abscisses les rayons de van der Waals, on obtient une autre famille de droites dont l'ordonnée du point d'intersection est égale à celle du point de concours des droites représentées sur la figure 1, mais dont l'abscisse est augmentée de $0,77 \text{ \AA}$. L'abscisse de P (fig. 1) étant comprise entre $1,55$ et $1,60 \text{ \AA}$, on trouve, pour CH_3 un rayon de van der Waals compris entre $2,32$ et $2,37 \text{ \AA}$. Or, on sait que la diffraction des rayons X donne, pour rayon des molécules de paraffines liquides, des valeurs comprises entre $2,30$ et $2,35 \text{ \AA}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pourcentage des différents constituants dans les solutions de cuivre et d' α -alanine. Courbes d'absorption des complexes formés. Note (*)* de M. JEAN CURCHOD, présentée par M. Louis Hackspill.

Détermination en fonction du pH des pourcentages de Cu^{++} libre et de deux complexes dans les solutions d' α -alanine et de SO_4Cu . Obtention des courbes d'absorption des trois composés à partir des courbes expérimentales spectrophotométriques.

Dans une précédente Note (1) nous avons montré l'existence de deux complexes de l' α -alanine et du cuivre. Nous allons maintenant compléter cette étude en établissant en fonction du pH, dans les solutions de $\text{SO}_4\text{Cu}(a)$ dans $\text{SO}_4\text{K}_2(c)$ et d' α -alanine (a) dans $\text{SO}_4\text{K}_2(c)$, les pourcentages des trois constituants: Cu^{++} libre, complexe $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})$ et complexe $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})_2$.

La méthode employée pour cette étude est la même que celle dont nous nous sommes servi pour l'étude de la β -alanine (2), c'est-à-dire celle des variations continues de P. Job (3).

POURCENTAGES DES DIVERS CONSTITUANTS. — Cu^{++} libre. — Les concentrations en ion Cu^{++} libre sont déterminées à partir de mesures de potentiels d'une électrode d'amalgame de cuivre, à force ionique constante.

Complexe $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})_2$. — Nous avons vu qu'à partir de $\text{pH} = 7,95$ les courbes d'absorption des mélanges α -alanine- SO_4Cu sont les mêmes quel que soit le pH. Nous pouvons donc en déduire la concentration de ce complexe. Il suffit pour cela de construire les courbes $z = [\Delta - \epsilon_0(\text{Cu}^{++})]/\Delta_{\text{lim}}$ en fonction du pH, Δ représentant les densités optiques observées, ϵ_0 le coefficient d'extinction moléculaire du cuivre seul, (Cu^{++}) la concentration en cuivre libre pour le pH considéré et Δ_{lim} l'absorption limite vers laquelle tendent les courbes d'absorption à $\text{pH} > 7,95$.

Pour les longueurs d'onde comprises entre 5000 et 5600 Å, elles sont identiquement les mêmes; on peut donc admettre que la courbe $z = f(\text{pH})$ à $\lambda = 5400$ Å correspond uniquement à l'absorption du deuxième complexe et elle permet de calculer les teneurs en $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})_2$.

Complexe $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})$. — Les pourcentages de ce deuxième complexe sont obtenus par différence, si l'on suppose qu'il n'y a formation d'aucun autre complexe (4).

Les courbes de la figure 1 représentent donc pour les solutions correspondant

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 324.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1662; 232, 1951, p. 2210.

(3) *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113; (11), 6, 1936, p. 97.

(4) Ce qui est vraisemblablement le cas dans les domaines de concentrations où nous opérons.

à $x = 0,3$ les variations des teneurs en Cu^{++} libre et en complexes en fonction du pH. On voit qu'à partir de $\text{pH} = 6,0$ il n'y a pratiquement plus de Cu^{++} libre et que les teneurs en Cu (α -alanine) passent par un maximum à $\text{pH} = 5,25$.

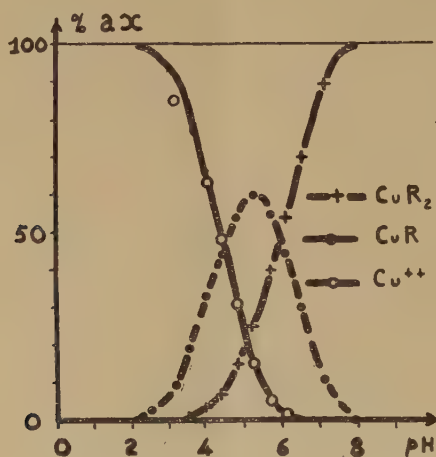


Fig. 1.

COURBES D'ABSORPTION. — *Densité optique du cuivre seul.* — Elle est déduite du mélange dans lequel il n'y a pas d'acide aminé ($x = 1,0$) et elle correspond aux valeurs connues.

Densité optique du complexe $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})_2$. — Elle est obtenue directement par les courbes expérimentales à $\text{pH} = 7,95$ puisqu'à partir de ce pH les solutions ne contiennent plus que ce deuxième complexe.

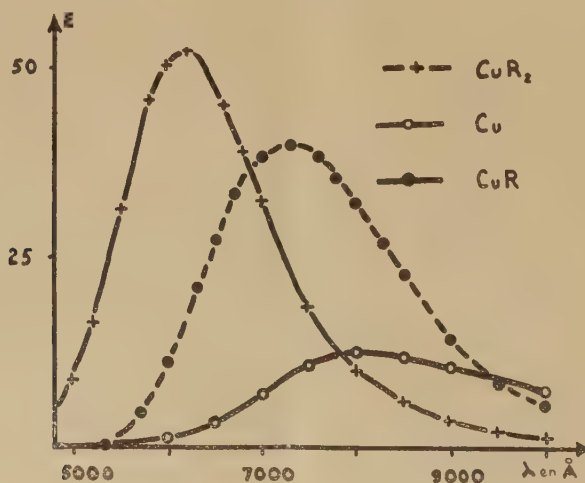


Fig. 2.

Densité optique du complexe $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})$. — Nous la calculons à partir des courbes expérimentales à $\text{pH} = 5,25$, pH pour lequel les pourcentages en $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})$ sont maxima.

On a

$$\Delta = \varepsilon_0 [\text{Cu}^{++}] + \varepsilon_1 [\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})] + \varepsilon_2 [\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})_2],$$

les quantités [] représentant les concentrations et ε_1 , ε_2 , ε_3 , les coefficients d'extinction moléculaires des divers composés.

Cette relation nous permet de calculer ε_1 puisque nous connaissons tous les autres termes.

Les trois courbes d'absorption sont données par la figure 2.

Nous observons que plus n croît dans le complexe $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})_n$, plus le maximum de ces courbes est déplacé vers le bleu et la longueur d'onde du maximum d'absorption ($\lambda = 6200 \text{ \AA}$) pour le complexe $\text{Cu}(\alpha\text{-alanine})_2$ est conforme à celle obtenue par d'autres auteurs.

Dans une Note ultérieure nous donnerons les constantes de dissociation des deux complexes, ainsi que le nombre d'ions H^+ rentrant en jeu dans la relation



CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur une réaction d'échange entre l'iodure de sodium et l'iodure de β naphthyle*. Note (*) de M^{me} ISABEL ESTELLÉS et M. SERGE MAY, présentée par M. Louis de Broglie.

On a observé une réaction d'échange d'iode entre l'iodure de sodium et l'iodure de β naphthyle en solution dans l'alcool octylique vers 240° . La chaleur d'activation de la réaction est de l'ordre de 30 kcal:mole.

Mode opératoire. — On introduit dans une petite ampoule en verre mince une solution de radioiodure de sodium (en provenance de la pile de Châtillon) dans l'alcool octylique secondaire. On scelle l'ampoule après avoir remplacé l'air par de l'azote.

La solution d'iodure de β naphthyle dans ce même solvant est contenue dans une ampoule en verre épais plus grande dans laquelle on place également la petite ampoule. Après scellement ⁽¹⁾ l'ensemble est placé dans un bain thermostatique à huile. Lorsque la température désirée est atteinte, on agite la grande ampoule afin de provoquer le bris de la petite et le mélange des solutions.

Après un certain temps de contact on procède à la séparation. Dans ce but on jette le mélange dans l'eau qui dissout l'iodure de sodium que l'on précipite sous forme d'iodure d'argent. L'iodure organique est amené sous cette même forme après attaque par l'amalgame de sodium.

Les activités de ces deux précipités sont mesurées et comparées à celle d'un étalon d'iodure d'argent provenant directement du radioiodure de la pile.

(*) Séance du 2 janvier 1952.

(1) Après avoir également remplacé l'air par de l'azote.

Résultats. — Ceux-ci sont consignés dans le tableau suivant :

T (°C).	Temps de contact (s).	Concentration (mmol/l).		Activités sur 10 mg AgI.			K. ¹ / ₂ .	
		NaI.	I. N.	Étalon.	I _{auto} .	I _{org.}	Bimol (mol. l. s ⁻¹)	Mono (s ⁻¹).
231.....	7,2. 10 ³	18,3	18,3	4656	3889	209	4,08	0,072
231.....	10,8. »	17,2	18,3	4607	4301	273	3,42	0,058
232.....	14,4. »	18,3	18,3	3305	2574	327	4,84	0,087
243.....	3,6. »	16,9	18,3	4926	4095	180	7,21	0,121
243.....	10,8. »	16,9	18,3	4142	3112	478	8,43	0,142
265.....	7,2. »	16,9	18,3	4275	2686	1022	32,53	0,549
275.....	3,6. »	19,4	18,3	6516	4840	1639	50,80	0,985

L'ordre de la réaction, qui est probablement monomoléculaire (²), n'a pas encore été déterminé, mais le tableau précédent conduit de toute façon à attribuer à cette réaction une chaleur d'activation de l'ordre de 30 kcal : mol.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse à travers les membranes hémiperméables de ferrocyanure de cuivre.* Note de M^{lle} **ANDRÉE BENZIMRA** et M. **LUC-HENRY COLLET**, présentée par M. Eugène Darmais.

Une bibliographie approfondie des phénomènes d'osmose nous a révélé qu'il n'existe pas de paroi rigoureusement hémiperméable : les meilleures membranes, obtenues en provoquant un précipité colloïdal de ferrocyanure de cuivre dans un filtre de porcelaine, sont plus ou moins perméables aux électrolytes et se laissent même traverser par les grosses molécules organiques.

Les propriétés de ces membranes ont été diversement interprétées. Il est hors de doute qu'elles ne peuvent être assimilées à de simples cribles moléculaires. C'est la théorie de l'adsorption négative (adsorption très forte du solvant qui remplit les pores), plus tard complétée par celle de la semi-perméabilité réversible (variable suivant le milieu), qui rend le mieux compte des phénomènes (¹).

Nous avons pu fabriquer couramment de bonnes membranes et éprouver leurs qualités en répétant avec elles diverses mesures de pression osmotique (solutions de glucose, de saccharose, etc.).

L'étude de l'écoulement hydrodynamique d'eau distillée à travers ces

(²) Par analogie aux résultats de KRISTJANSON et WINKLER, *Canad. J. Chem.*, **29**, n° 2, 1951, p. 154, et de MAY, SARRAF, VOBARE et P. DAUDEL, *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 744.

(¹) Voir J. DUCLAUX, *Traité de Chimie Physique*, Hermann, Paris, 1936-1937 et et H. B. WEISER, *Inorganic colloidal Chemistry*, J. Wiley, New-York, 1938; une bibliographie détaillée a été donnée par A. Benzimra, Diplôme d'Études supérieures, Paris, 1952.

membranes nous a permis, par application de la formule de Poiseuille ($v/H = kr^4$), d'évaluer le rapport des rayons apparents des pores avant et après la formation du précipité de ferrocyanure de cuivre. Nous avons obtenu avec toutes nos membranes : $r/r' = 8 \pm 0,5$. Les bougies Chamberland, le plus souvent utilisées, avaient un diamètre moyen des pores de $2,5 \mu$ soit pour la surface ouverte après formation du précipité $0,3 \mu$.

De nombreuses expériences d'électrolyse ont été faites à travers ces membranes pour des solutions de ClH , SO_4H_2 , ClNa , ClK , Cl_2Cu , etc., dont la concentration variait de 10^{-1} à 10^{-4} M. Elles ne présentent qualitativement aucune particularité :

même forme des courbes $i = f(V)$ pour des tensions moyennes (jusqu'à 12 V); pour des tensions très faibles et avec des électrolytes habituellement considérés comme traversant difficilement la membrane, on n'observe aucune trace d'un seuil de tension au-dessous duquel se manifesterait la semi-perméabilité. Des mesures précises faites avec une solution de Cl_2Cu 10^{-2} M et des électrodes de cuivre pur permettent d'affirmer que la membrane n'introduit aucune f.é.m. dans le circuit;

même allure des courbes $i = f(t)$ à V constant pour les tensions élevées (100 V et plus);

enfin les expériences faites avec ou sans précipité donnent lieu aux mêmes phénomènes d'électroosmose, les dénivellations d'équilibre étant cependant plus faibles dans le premier cas.

La partie rectiligne des courbes $i = f(V)$ permet d'évaluer la résistance électrique de la membrane : elle est souvent de l'ordre de 10 000 Ω et varie d'une membrane à l'autre pour une même solution. Elle diminue d'ailleurs spontanément avec le temps sans que les qualités osmotiques en soient altérées.

On peut chercher à comparer la résistance de la membrane avant et après formation du précipité, les montages devant être par ailleurs bien identiques. On obtient toujours un rapport $R'/R = 4 \pm 0,5$. Ce résultat est inattendu, car si l'on suppose que la membrane ne participe pas à la conduction électrique, on doit avoir : $R'/R = r^2/r'^2 \neq 60$, valeur quinze fois supérieure à celle réellement observée. Donc, si l'on admet que l'écoulement dans la membrane satisfait à la loi de Poiseuille, il faut en conclure que le mécanisme de passage du courant est complexe.

Il est remarquable que la membrane plongée dans une solution d'un sel de potassium, présente toujours une résistance plus faible; la différence peut être considérable : une membrane a donné 50 000 Ω dans ClNa 10^{-2} M et 33 000 Ω seulement dans ClK 10^{-2} M. Si l'on remarque que dans la membrane ce sont les ions K^+ qui forment l'atmosphère ionique de la micelle, le résultat précédent est en faveur de l'hypothèse qu'il pourrait y avoir échange des ions de la membrane avec ceux de la solution.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Comparaison entre les comportements magnétiques de l'oxygène et de l'azote en chimie organique.* Note (*) de M. JEAN PLOQUIN, présentée par M. Paul Pascal.

On observe des influences semblables de la structure sur le diamagnétisme de l'azote combiné et sur celui de l'oxygène. Le caractère plus ou moins multiple et plus ou moins ionique des liaisons correspondantes peut donc être décelé par des mesures magnétiques.

Le comportement magnétique de l'oxygène dans les combinaisons organiques est essentiellement variable : diamagnétique avec $K_0 = -4,6 \cdot 10^{-6}$ lorsqu'il est simplement lié dans une molécule sans particularités structurales, doublement lié il est paramagnétique avec $K_0 = +1,72 \cdot 10^{-6}$ dans les aldéhydes, cétones et chlorures d'acides; puis à nouveau diamagnétique avec $K_0 = -3,35 \cdot 10^{-6}$ dans les acides et esters, $-6,5 \cdot 10^{-6}$ dans l'anhydride carbonique, $-6,95 \cdot 10^{-6}$ dans les carbonates. Donc l'accumulation de l'oxygène sur un même carbone exalte son diamagnétisme.

Dans les fonctions oxyazotées contenant un radical carbonyle, on observe un phénomène identique. C'est ainsi que, si l'on conserve pour l'azote la contribution atomique classique $K_N = -5,5 \cdot 10^{-6}$ on calcule une exaltation du diamagnétisme de l'oxygène égale à $-3,25 \cdot n \cdot 10^{-6}$, n étant le nombre d'atomes d'azote de la fonction étudiée.

Or, on peut établir des relations d'isostérie entre les dérivés de l'azote et ceux de l'oxygène :

— OH et O.R (isostères de —NH₂ et NH.R);
= O (isostère de =NH).

On peut donc penser qu'il n'y a pas de raisons impératives d'affecter l'exaltation du diamagnétisme précédemment observée dans les fonctions oxyazotées au seul atome d'oxygène, mais qu'elle se rapporte plutôt à l'ensemble de la molécule et que par suite l'azothydrile isostère de l'oxygène doit également y participer.

S'il en est ainsi, on doit observer une exaltation semblable du diamagnétisme lorsqu'on accumule sur le même carbone plusieurs fonctions uniquement azotées. Nous avons donc étudié quelques dérivés azotés afin de compléter les données de la bibliographie :

	Rôle du radical y compris l'incrément de liaison CN.
Radical NH simplement lié.....	$-8,43 \cdot 10^{-6}$
» NH doublement lié :	
Bases de Schiff.....	$-0,28$ »
Cyanamides symétriques (correspondrait à CO ₂).....	$-2,80$ »
Guanidine (correspondrait à CO ₃ dans les carbonates).....	$-3,10$ »

(*) Séance du 14 janvier 1952.

On observe donc là aussi d'abord une tendance au paramagnétisme quand le NH, de simplement lié, devient doublement lié; puis celle-ci diminue quand on accumule les radicaux azothydrides sur le même carbone. On peut, comme dans le cas des dérivés oxygénés, en trouver l'origine dans un affaiblissement des forces homopolaires de liaison, d'autant moins important que le nombre des atomes d'azote dans la fonction est plus élevé. Néanmoins il paraît difficile d'attribuer cet effet au seul groupement doublement lié. On observe par exemple avec la cyanoguanidine une exaltation encore plus marquée du diamagnétisme. Nous avons en effet mesuré $K_M = -47,8 \cdot 10^{-6}$ et l'on peut calculer K_M , soit uniquement à partir de la systématique de Pascal ($K_M = -36,97 \cdot 10^{-6}$), soit à partir de la valeur expérimentale obtenue pour la guanidine et de la contribution théorique (dans la même systématique) du radical $C \equiv N$ ($K_M = -37,6 \cdot 10^{-6}$). Cette dernière façon de faire indique nettement que le groupe CN n'est pas ici un véritable radical nitrile. On doit donc attribuer ces variations du diamagnétisme à l'ensemble des liaisons et dire que lorsqu'on accumule des atomes d'oxygène (ou d'azote) dans une même fonction, le groupe carbonyle (ou imine) perd plus ou moins son caractère fonctionnel pur aux dépens des liaisons voisines ($C.OH$ ou $C.NH_2$). Dans la cyanoguanidine, le fait est poussé à l'extrême. Il n'y a plus une triple liaison $C \equiv N$, une double liaison $C = N$ et trois liaisons simples $C - N$, mais cinq liaisons de caractère plus ou moins multiple et plus ou moins ionique.

La magnétochimie retrouve donc les conclusions qualitatives fournies par l'étude des propriétés chimiques et permettra peut-être, puisqu'elle fournit des résultats numériques précis, de vérifier (sinon de baser) les hypothèses de départ dans les calculs de structure *a priori*.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Relation entre vitesse d'adsorption et isotherme.*

Note (*) de M. DENIS PAPÉE, présentée par M. Paul Pascal.

La vitesse d'adsorption est déterminée essentiellement par la texture du produit adsorbant, c'est-à-dire par la forme de l'isotherme. La courbe de vitesse d'adsorption reflète les différentes parties de l'isotherme et sa pente, à l'origine, est sensiblement proportionnelle à la surface spécifique.

Dans le cas de l'adsorption d'un courant gazeux renfermant le produit à adsorber, la vitesse absolue d'adsorption n'est pas seule à intervenir et le phénomène est conditionné par la diffusion. Il faut distinguer la diffusion dans la phase gazeuse de celle qui a lieu au sein de l'adsorbant, à travers les pores et sur leurs parois.

Vreedenberg et van Nouhoys ⁽¹⁾ ont établi les premiers une équation de la vitesse d'adsorption liée à celle de l'isotherme. Elle ne s'applique toutefois qu'à l'adsorption monomoléculaire et ne fait pas intervenir les conditions opératoires.

(*) Séance du 14 janvier 1952.

(¹) *Rec. Trav. Chim. des Pays-Bas*, 65, 1946, p. 235.

Des essais ont été entrepris en vue d'établir la façon dont interviennent la texture du produit et les conditions opératoires dans la composition de la vitesse globale d'adsorption.

L'adsorption de la vapeur d'eau est étudiée pour deux variétés d'alumine (une boehmite et une bayerite) et deux de silice (gel monodispersé et précipité hétérodispersé).

Mesures dynamiques. — L'adsorbant en pastilles cylindriques de 5 mm de diamètre, se trouve dans un tube en U disposé dans un thermostat à 25°. Il est traversé par un courant d'azote (débit 10 l : h) chargé de vapeur d'eau par passage dans une série de barboteurs à acide sulfurique de concentration déterminée

Mesures statiques. — Elles sont réalisées en dessiccateur, le produit étant disposé dans une nacelle au-dessus de l'acide sulfurique de même concentration que celui des barboteurs précédents.

1. Malgré quelques différences minimales entre les valeurs absolues, la courbe d'adsorption en fonction du temps conserve la même forme dans le cas des mesures statiques pour un produit donné, qu'il soit en poudre ou en pastilles.

2. Cette forme ne varie pas avec le mode opératoire, statique ou dynamique : les courbes correspondantes peuvent être amenées sensiblement en coïncidence par une réduction des abscisses « temps ».

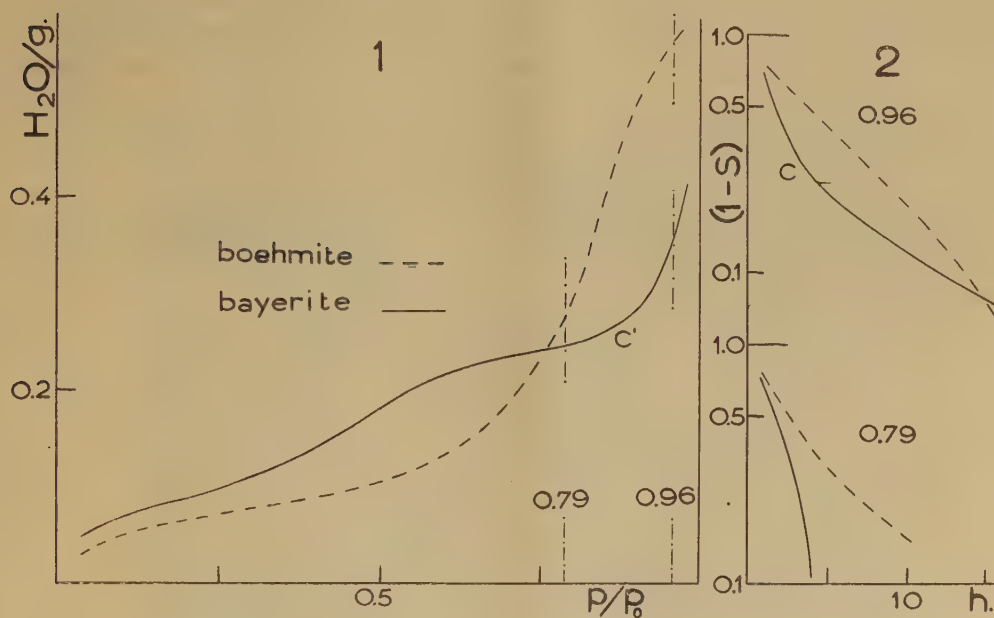
3. Il en est de même pour les courbes obtenues par la méthode dynamique avec des débits variant de 7 à 25 l : h.

Chaque produit a donc une courbe d'adsorption caractéristique et cette courbe se modifie d'une façon spécifique avec la température de calcination. En rapprochant ces courbes des isothermes d'adsorption correspondantes, on met en évidence leur relation avec la surface spécifique et la texture du produit.

Soient d la quantité de vapeur d'eau adsorbée par 1 g de produit pendant la première heure au cours des mesures dynamiques (pression partielle, 90,6) et m la quantité correspondant sur l'isotherme à la formation d'une couche monomoléculaire. L'amplitude des variations du rapport m/d pour des produits et des températures de calcination différents est inférieure à 10 %. Pourtant, la surface des échantillons étudiés varie de 100 à 250 m² : g; au cours des mesures dynamiques, le produit est mis en présence de vapeur à 96 % de saturation, alors que la couche monomoléculaire se forme à des pressions bien inférieures; les isothermes sont du type II ou IV.

Pour comparer les courbes d'adsorption, il est commode d'utiliser la représentation semi-logarithmique en $(1-S) = f(t)$, où S est le rapport de la quantité adsorbée à l'instant t à celle adsorbée à l'équilibre. La figure représente, pour les deux variétés d'alumine calcinées à 400°, les isothermes (1), ainsi que les courbes d'adsorption pour les pressions partielles 0,79 et 0,96 (2).

Pression partielle 0,96. — La réalisation rapide de l'équilibre est liée pour la boehmite à la courbure de l'isotherme tournée vers l'axe des abscisses. Dans le cas de la bayerite, la cassure qui apparaît dans la courbe d'adsorption (point C) correspond sensiblement à la quantité de vapeur adsorbée à la fin du pseudo-palier de l'isotherme (point C'); l'établissement lent de l'équilibre s'explique par la forme asymptotique de l'isotherme à la saturation.



Pression partielle 0,79. — En ce point, les deux isothermes ont un aspect différent de celui qu'elles présentent pour la pression partielle 0,96 : celui de la bayerite possède un palier, tandis que celui de la boehmite est incurvé vers l'axe des ordonnées. Aussi l'allure des courbes est-elle inversée.

Pour une pression partielle donnée, la forme de la courbe d'adsorption à l'approche de l'équilibre est déterminée par la variation de la pente de l'isotherme en ce point : l'équilibre est atteint rapidement si la pente diminue et inversement.

Puisque la courbe d'adsorption reflète les différentes parties de l'isotherme, il semble, qu'au cours de l'adsorption de vapeur à pression constante, l'adsorbant se trouve approximativement en équilibre avec la vapeur à une pression progressivement croissante.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur le polissage chimique du fer et de l'acier doux.*Note (*) de M. **LOUIS BEAUJARD**, présentée par M. Albert Portevin.

Un réactif permettant le polissage chimique des aciers doux tenant moins de 0,05 % de carbone est décrit. La composition la plus favorable est : 30 parties d'acide nitrique, 70 parties d'acide fluorhydrique, 300 parties d'eau. La température du bain est de 60° C.

L'attention a été récemment attirée sur le brillantage chimique de l'aluminium et de ses alliages ⁽¹⁾, ⁽²⁾ susceptible de donner les résultats du polissage électrolytique. Le brillantage industriel du laiton était bien connu depuis longtemps ⁽³⁾. Par exemple, les douilles d'obus subissaient ce traitement. Nous avons vérifié que ce brillantage permet l'observation micrographique.

Le magnésium aussi se brillante dans des solutions chlorhydriques-alcooliques, dans des conditions qui permettent également l'étude de la structure ⁽⁴⁾.

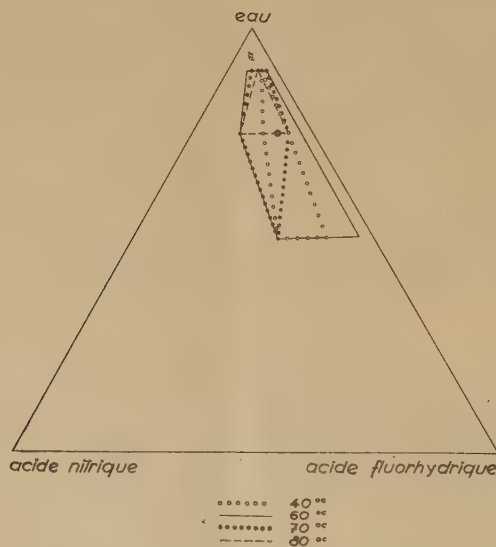


Fig. 1. — Domaines de composition des bains utilisables de 40 à 80°.

Nous avons recherché un réactif susceptible de permettre le polissage du fer. Des observations fortuites nous ont dirigé vers l'étude des mélanges

(*) Séance du 14 janvier 1952.

⁽¹⁾ HENLEY, *Sheet Metal Industries*, 26, 1949, p. 382.

⁽²⁾ HERENGUEL et SECOND, *Revue de Métallurgie*, 48, 1951, p. 262.

⁽³⁾ *Metal Industry Handbook*, 1947, p. 389.

⁽⁴⁾ JACQUET, *Métaux et Corrosion*, 19, 1944, p. 71.

d'acide nitrique ($d = 1,33$), d'acide fluorhydrique ($d = 1,12$) et d'eau. Le diagramme ternaire de la figure 1 représente les domaines pour lesquels la composition du bain est la plus satisfaisante, à différentes températures.

La composition donnant les meilleurs résultats est la suivante : acide nitrique : 30 parties; acide fluorhydrique : 70 parties; eau : 300 parties (en volume).

Le domaine des compositions utilisables varie avec la température. Il s'élargit si l'on passe de 40 à 60° C et se rétrécit au delà (fig. 1).

La température du bain est maintenue à 60° C. Si elle est trop basse, l'attaque creuse les joints de grains, alors que si elle est trop élevée, la surface est rendue légèrement grenue.



Fig 2. — Microphotographie d'une tôle d'acier doux après simple polissage chimique ($\times 300$).

La figure 2 est la microphotographie, au grossissement 300, d'une tôle de fer doux polie après simple polissage chimique. La teneur en carbone de l'échantillon à polir doit être inférieure à 0,05 %, car la cémentite est attaquée inégalement par le réactif.

Il est intéressant de remarquer que le processus de l'attaque s'accompagne, comme avec le polissage électrolytique, de la formation d'une couche visqueuse, dense et brune. Le dégagement gazeux d'hydrogène est pratiquement inexistant ⁽⁵⁾. Il est possible que la couche brune soit formée

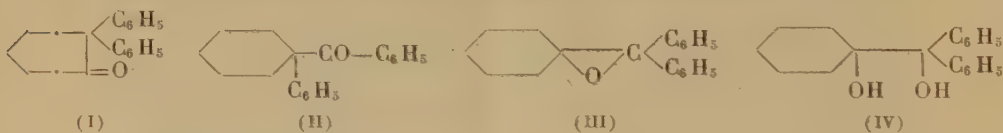
(⁵) Le polissage n'est pas de bonne qualité lorsqu'un dégagement gazeux se produit, tout comme le polissage électrolytique est défectueux lorsque la tension de polissage étant trop élevée, des bulles se dégagent sur l'échantillon.

en partie d'ions Fe NO^{+} bruns. La solution d'attaque reste cependant incolore, car ces produits bruns sont décomposés rapidement avec formation probable d'ions complexes FeF_6^{3-} incolores.

Nous avons étudié également l'influence de différents produits d'addition au bain. Les autres acides (chlorhydrique, sulfurique, etc.) provoquent la formation de piqûres profondes ou de figures de corrosion. Au contraire, beaucoup d'espèces chimiques portant des groupes —OH (alcools, phénols) ralentissent l'attaque sans affecter la qualité du polissage. C'est dans cette voie que nous poursuivons les recherches pour obtenir une attaque métallographique satisfaisante des aciers plus chargés en carbone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérisation de la diphenyl-2.2-cycloheptanone-1 et de l'oxyde de cyclohexylidène-diphénylméthane. Conséquence sur la déshydratation de l'(hydroxy-1-cyclohexyl)-diphénylcarbinol.* Note (*) de M^{lle} GERMAINE CAUQUIL et M. JACQUES ROUZAUD, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs montrent la possibilité de passage de la diphenyl-2.2 cycloheptanone-1 (I) en benzoyl-1 phényl-1 cyclohexane (II) à l'aide de catalyseurs acides. La déshydratation de l'(hydroxy-1 cyclohexyl)-diphénylcarbinol est aussi une réaction acido-catalysée, qui permet d'obtenir à volonté l'oxyde de cyclohexylidène diphénylméthane (III) ou la cétone (I), ou la cétone (II).



A. *Isomérisation de la diphenyl-2.2-cycloheptanone-1 (I).* — L'isomérisation de (I) en (II) sous l'action du chlorure de zinc à 350° a été précédemment indiquée (*). D'autres essais ont été effectués en vue de réaliser cette réaction. L'irradiation par les rayons ultraviolets, la chaleur, l'action du chlorure stannique à sa température d'ébullition ou en tube scellé à 160° n'ont pas donné le résultat attendu.

Le chlorure d'aluminium employé en proportion moléculaire et en solution nitrobenzénique anhydre a donné après 48 h de contact à froid environ 4 % de (II), à 75-80° quantitativement la cétone (II). Si l'on utilise le chlorure d'aluminium en milieu xylénique anhydre on obtient 72 % de (II) après 3 h de reflux.

Il n'avait pas été possible d'obtenir jusqu'ici l'oxime de (I), mais en utilisant la technique indiquée (2) pour la diphenyl-2.2-cyclohexanone-1 nous sommes arrivés à une

(*) Séance du 7 janvier 1952.

(1) M^{lle} G. CAUQUIL et J. ROUZAUD, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 669.

(2) M. E. ZAUGG, M. FREIFELDER et B. W. HARROD, *J. Org. Chem.*, **15**, 1950, p. 1191.

oxime (F 195° dans l'éthanol) avec un rendement de 56 % après 12 h de reflux. Ce rendement atteint 87 % après 36 h. Dosage d'azote : (semi-micro Dumas), trouvé % : 4,98, calculé pour $C_{19}H_{20}ON$: 5,02.

La méthode d'oximation donne l'oxime de (II) (F 174° dans l'éthanol) avec un rendement quantitatif après un reflux de 12 h. Dosage d'azote (semi-micro Dumas), trouvé % : 5,24, calculé pour $C_{19}H_{20}ON$: 5,02.

B. *Isomérisation de l'oxyde de cyclohexylidène-diphénylméthane* (III). — Si l'on maintient sept heures l'époxyde (III) à environ 310-320°, on obtient une huile d'où l'on a séparé la cétone (I) avec un rendement de 41 % :

Cette isomérisation a pu être catalysée par divers agents : par contact à 0° avec de l'acide sulfurique concentré pendant 1 h, par action de l'iodure de méthylmagnésium ou de l'éthérate de bromure de magnésium à la température d'ébullition du toluène durant 4 h, ou en chauffant à sec après élimination de l'éther; par action du chlorure d'aluminium en quantité moléculaire et en solution nitrobenzénique anhydre à froid.

Quant au chlorure de zinc en solution dans l'éther anhydre il ne produit à reflux qu'une isomérisation partielle.

Enfin si l'on utilise des moyens plus énergiques : distillation à 350° sur chlorure de zinc anhydre; ou action du chlorure d'aluminium en solution nitrobenzénique anhydre à 75-80° pendant 48 h, on isomérise (III) en la cétone (II).

Il semble donc bien que l'isomérisation de (III) en (I) ou en (II) soit une réaction acido-catalysée; nous n'avons pu la produire par des agents basiques (méthylate de sodium ou potasse alcoolique).

C. *Conséquence de A et B sur la déshydratation de l'(hydroxy-1-cyclohexyl)-diphénylcarbinol* (IV). — La potasse alcoolique ou la fusion avec de la potasse ou encore l'ébullition du glycol sous la pression atmosphérique coupe la molécule (IV) en cyclohexanone et benzhydrol⁽³⁾.

a. Le chlorure d'aluminium en solution nitrobenzénique anhydre à 75-80° pendant 48 h conduit à la cétone (II). Par contre le chlorure de zinc à 350° ne donne que des produits de décomposition.

b. L'acide sulfurique concentré conduit à la cétone (I) après une heure de contact à 0°⁽⁴⁾. Le chlorure stannique en proportion moléculaire et en solution benzénique anhydre conduit quantitativement au même résultat après cinq minutes de contact à froid; le rendement en cétone (I) est de 91 % lorsqu'on emploie 1/3 de molécule de chlorure stannique et de 78,5 % avec 1/4 de molécule. La cétone (I) est encore obtenue soit après 30 min de contact avec une solution nitrobenzénique anhydre et froide de chlorure d'aluminium, soit par action de l'iodure de méthylmagnésium ou de l'éthérate de bromure de

(3) M. MEERWEIN, *Ann. d. chem.*, **419**, 1919, p. 121.

(4) M. MEERWEIN, *Ann. d. chem.*, **396**, 1913, p. 200.

magnésium à l'ébullition du toluène ou en chauffant à sec après avoir distillé l'éther; soit par action de l'acide formique à 80 % après 3 h de reflux.

c. Le chlorure de zinc en solution dans l'éther anhydre après 2 h de reflux transforme (IV) partiellement en l'époxyde (III). L'acide acétique cristallisable, après 6 h de reflux donne un rendement en époxyde de 48 %, le reste du produit étant du glycol non transformé.

Étant donné les paragraphes A et B, les expériences *a* et *b* n'excluent pas l'hypothèse de la formation intermédiaire d'époxyde.

On peut donc dire que la déshydratation de (IV) est une réaction catalysée par les acides protoniques ou autres qui conduit suivant la nature du catalyseur et les conditions de réaction soit à l'époxyde (III), soit à la cétone (I), soit à la cétone (II). Il semble qu'il y ait lieu de tenir le plus grand compte de l'influence du catalyseur utilisé sur le cours de la déshydratation pinacologique : le glycol (IV) en est un exemple typique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse de la chrysine et d'autres colorants naturels oxyflavoniques*. Note de MM. CHARLES MENTZER et DANIEL PILLON, présentée par M. Marcel Delépine.

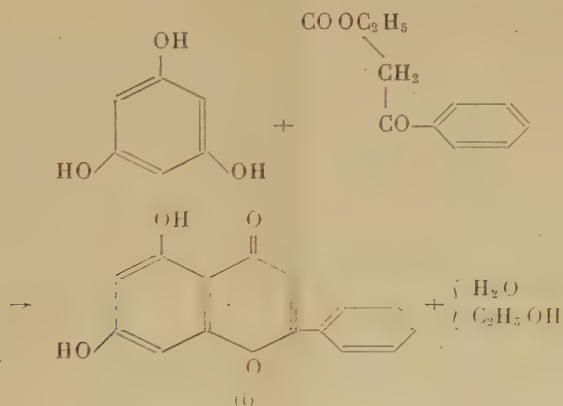
En poursuivant nos recherches sur la condensation des phénols avec les esters β -cétoniques (2), il nous a été possible d'élaborer un procédé permettant d'accéder aisément aux colorants oxyflavoniques naturels.

Au cours de ses recherches classiques sur la synthèse des chromones, Simonis⁽¹⁾ a pu montrer que l'action du benzoylacétate d'éthyle sur le phénol en présence d'anhydride phosphorique aboutit à la phényl-2 chromone, premier terme d'une série de composés naturels appelés « flavones ». Malgré le faible rendement de cette réaction, divers chercheurs ont essayé de la généraliser à la préparation de dérivés voisins et tout particulièrement des colorants oxyflavoniques largement répandus dans la nature. L'expérience a cependant montré que l'introduction supplémentaire d'un ou de plusieurs oxhydriles dans la molécule phénolique mise en œuvre, inhibe complètement une telle synthèse. En condensant la résorcine ou la phloroglucine, selon Simonis avec le benzoylacétate d'éthyle, il se forme exclusivement, soit la phényl-4 hydroxy-7, soit la phényl-4 dihydroxy-5.7 coumarine, quelle que soit la nature du déshydratant utilisé (P_2O_5 ou SO_3H_2). Dans une précédente Communication, l'un d'entre nous, en collaboration avec D. Molho et P. Vercier⁽²⁾, a montré que le chauffage de certains esters β -cétoniques substitués en α , avec la résorcine, peut aboutir à des hydroxy-7 chromones, à condition d'éviter l'addition de catalyseurs de déshydratation au milieu réactionnel.

(1) *Ber d. Chem. Gesell.*, 47, 1914, p. 2232.

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1488.

En poursuivant l'étude systématique de cette nouvelle réaction, nous avons pu montrer qu'elle présente un très grand degré de généralité. Il est en effet possible de faire varier dans une large mesure la nature de l'ester β -cétonique et du phénol mis en jeu. En ce qui concerne l'ester, la substitution du groupement méthylénique actif n'est pas nécessaire; bien au contraire, les résultats sont meilleurs avec l'acétylacétate d'éthyle ordinaire qu'avec le dérivé (1) méthylé correspondant (³). D'autre part, il est possible, grâce à ce procédé, d'accéder non seulement aux alcoyl-2 chromones, mais aussi aux dérivés arylés correspondants, c'est-à-dire au groupe des oxy-flavones naturelles. Il suffit dans ce but de remplacer l'ester acyl-acétique par un composé de formule $\text{Ar}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{COOC}_2\text{H}_5$ (Ar étant dans ce cas un reste aromatique). Enfin à la place de la résorcine, il est possible d'utiliser d'autres di- ou polyphénols et de préparer très facilement les divers colorants oxy-flavoniques rencontrés chez les végétaux. A la lumière de ces faits, de nouvelles hypothèses peuvent être formulées en ce qui concerne la biogénèse de tels colorants.



Partie expérimentale : chrysine : $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_4$ (1). — 7,77 g de phloroglucine et 7,68 g de benzoylacétate d'éthyle sont portés pendant 1 h 1/2 à 240-250°. Les cristaux obtenus après refroidissement sont dissous dans HONa à 5 %. La solution débarrassée des impuretés par épuisement à l'éther est acidifiée. Le précipité brun sale, séché, pèse 5,65 g. Après sublimation à 250-300° sous 0,01-0,03 mm, on obtient 3,15 g d'une poudre jaune amorphe (F 265°). Un lavage au benzène et une recristallisation dans l'alcool permet d'aboutir à un composé très pur (2,2 g) en cristaux jaune clair fondant à 278° (Rdt 20 %). C % calculé 70,86; trouvé 70,18; H % calculé 3,93; trouvé 3,86. Le spectre ultraviolet présente deux bandes dont les maxima sont à 270 et 314 m μ , conformément à la bibliographie (⁴).

(³) D. PILLON, *Bull. Soc. Chim.*, (sous presse).

(⁴) ARONOFF, *J. Org. Chem.*, 5, 1940, p. 565.

La *diacétyl-chrysine*, $C_{19}H_{14}O_6$, fond à 198-200°; C % calculé 67,45; trouvé 67,46; H % calculé 4,14; trouvé 4,53. Dans des conditions analogues à celles qui ont permis d'aboutir à la chrysine, les composés suivants ont été préparés : *Acacétine* (dihydroxy-5.7 méthoxy-4' flavone), $C_{16}H_{12}O_5$, F 260°, Rdt 20,5 %, deux maxima dans l'ultraviolet : à 270 et 330 m μ ; C % calculé 67,6; trouvé 67,4; H % calculé 4,22; trouvé 4,39. *Diacétate* F 202-203°. *Hydroxy-7 flavone*, $C_{15}H_{10}O_3$, F 228-229°, Rdt 25 %, absorption ultraviolette à 250, 270 et 310 m μ . L'*acétate* ($C_{17}H_{12}O_4$) fond à 129°, Analyse : C % calculé 72,85; trouvé 72,08; H % calculé 4,28; trouvé 4,37. Notons qu'au cours de la synthèse de ce dernier composé il se forme toujours un peu d'*hydroxy-5 flavone*, $C_{15}H_{10}O_3$, dont le sel de sodium est peu soluble dans l'eau et dont l'acétate fond à 145-146°, conformément à la bibliographie ⁽⁵⁾, ⁽⁶⁾.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Polytypisme des minéraux argileux et micacés.*

Note de MM. **WILLY DEKEYSER** et **SÉVERIN AMELINCKX**, transmise par M. Charles Mauguin.

Dans la présente Note nous considérons les déplacements relatifs des unités structurales constituant les polytypes ⁽¹⁾, ⁽²⁾, ce qui nous amène à les considérer en général comme des macles répétées d'un des termes de la série, le concept macle étant pris dans un sens généralisé.

Nous considérons d'abord le cas des micas. S. B. Hendricks ⁽³⁾, qui a décrit les différents types, pose, à la fin de son exposé, nettement la question : comment ces minéraux peuvent-ils se former et se développer en respectant la séquence compliquée d'unités structurales de 10 Å ? La réponse est maintenant aisée. Nous n'avons qu'à considérer un germe primaire formé par des empilements d'unités de 10 Å déplacées les unes par rapport aux autres d'une distance donnée dans une direction donnée, de façon à respecter un mode de liaison. Si le germe primaire présente, en outre, des groupes de dislocations hélicoïdales à vecteur de Burgers perpendiculaire au plan 001, le cristal qui se développera à partir de ce germe aura une période suivant l'axe *c* égale à la composante suivant l'axe *c* de la résultante des vecteurs de Burgers du système de dislocation dominant, ou une partie aliquôte de cette composante.

Le mécanisme de croissance proposé par F. C. Frank assurera automatiquement la continuation des empilements présents dans une période,

⁽⁵⁾ SHIGEHICO SUGASAWA, *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 1483-1484.

⁽⁶⁾ Pour plus de détails, voir C. MENTZER et D. PILLON, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

⁽¹⁾ W. DEKEYSER et S. AMELINCKX, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1297.

⁽²⁾ F. C. FRANK, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 1014.

⁽³⁾ *Am. Min.*, 24, 1939, p. 729.

si compliquée soit-elle, aussi longtemps que le groupe de dislocations reste stable, puisqu'il n'y a, en dernière analyse, qu'un plan qui se développe latéralement. Ce mode de croissance nous semble de plus le seul acceptable dans le cas où nous avons affaire à un cristal ayant une très grande période suivant un axe, période résultant, comme il est indiqué plus haut, d'empilements différents d'unités structurales identiques. En effet, dans tout autre mode de croissance, il faudrait faire appel, pour expliquer la « mémoire » du cristal, à des forces agissant à grande distance et dont rien ne fait présumer l'existence.

La maille du polytype résultant n'est donc, en somme, qu'une pseudo-maille puisqu'elle est formée par des empilements de mailles réelles ou d'éléments de mailles réelles ayant subi les uns par rapport aux autres des translations, rotations, mirages ou une combinaison de ces opérations. Nous avons donc, en dernière analyse, affaire à un assemblage périodique de macles, ce terme étant employé ici dans un sens généralisé par ce qui précède et qui inclut à moindre échelle les macles de glissement introduits par Wooster ⁽⁴⁾. Ceci explique aussi que la symétrie de certains polytypes est supérieure à celles du cristal simple et qu'il est, dans bien des cas, impossible de trouver un groupe de recouvrement en accord avec cette symétrie et la structure de la pseudo-maille (comme c'est, par exemple, aussi le cas pour les polytypes du SiC). Dans le cas où les groupes de dislocations ne restent pas stables, il en résulte une structure plus ou moins désordonnée, ce qui se traduit par certaines raies diffuses dans le diagramme X correspondant.

La même situation se présente pour les minéraux du groupe de la kaolinite. Kaolinite, dickite et nacrite ont respectivement des mailles contenant une, deux et six couches du type kaolinite. La kaolinite est triclinique, la nacrite et la dickite sont monocliniques, indiquant les variations de symétrie obtenues par des déplacements relatifs. Brindley ⁽⁵⁾, qui a raffiné ces structures, donne un tableau des déplacements possibles des unités structurales les unes par rapport aux autres, de façon à préserver les liaisons O—OH caractéristiques pour ces minéraux. Ce tableau illustre ce qui a été dit plus haut concernant les mailles des polytypes des micas. Dans le cas de la dickite, un groupe de recouvrement moyen peut seulement être assigné, tandis que pour la nacrite, l'arrangement est tel qu'un groupe de recouvrement peut être assigné. Reste maintenant le cas de la fire clay, où nous devons supposer des groupes de dislocations non stables ou des cristaux à l'état de germes primaires comme cela semble être le cas pour l'halloysite et la montmorillonite.

(4) *A text book of crystal Physics*, London, 1938.

(5) *X ray identification et structures of clay min.*, London, 1951, p. 37.

On peut se demander pourquoi des minéraux kaolinitiques à trois, quatre, cinq couches n'existent pas ou n'ont pas été décelés. Il va de soi que les phénomènes décrits ne se limitent pas aux minéraux argileux. Le mécanisme de croissance proposé par Frank explique également des interstratifications régulières et irrégulières telles que celles qui se présentent par exemple dans le cas de la série olivine, norbergite, chondrodite, humite, clinohumite et dans les feldspaths.

GÉOLOGIE. — *Sur le métamorphisme régional du Paléozoïque dans la région comprise entre Caden, Saint-Gildas-des-Bois et Nort, en Armorique méridionale.* Note de M. **ANDRÉ DEMAY**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Tandis que dans le synclinal de Redon et dans le flanc Nord de l'anticlinal de Lanvaux, à hauteur de Redon, le métamorphisme régional atteint seulement le Géorgien et une partie du Postdamien ⁽¹⁾, immédiatement au Sud, *dans la terminaison périclinale de l'anticlinal d'Allaire*, les schistes d'Angers (Ordovicien moyen, noté s^2) sont transformés, sur la route de Redon à Béganne, en micaschistes à muscovite et biotite dominante, celle-ci bien visible seulement au microscope (Pl. 220). Un peu plus au Sud, *dans la partie Sud du synclinal de Fégréac*, l'Ordovicien et le Gothlandien à phthanites ont été transformés partout en schistes et grès à séricite abondante, souvent avec biotite microscopique et parfois des feldspaths. Le Gothlandien a été noté $s^4\gamma a$ par Ch. Barrois, qui indiquait déjà, en 1897, « sa grande analogie lithologique avec les formations primitives ζ^2 ». Cette zone de Gothlandien métamorphique se prolonge dans une bande plus étroite, au Nord du noyau synclinal d'Ancenis, entre Nort et Teillé et apparaît même près de Thouarcé, à la lisière Est de l'Armorique.

Sur le flanc Sud du synclinal de Fégréac, de Béganne à Saint-Dolay et Sévérac et dans les plis plus méridionaux de Saint-Gildas-des-Bois, affleurent des schistes ardoisiers et des quartzites, qui représentent, de manière certaine, les schistes d'Angers et le grès armoricain et ont été notés comme tels sur toutes les cartes géologiques.

Dans la coupe Ouest de Sévérac, sur les bords et au Nord de l'étang du Rocher, le s^2 est soit un schiste carburé, peu métamorphique, mais où apparaissent, en lentilles, des parties métamorphisées micaschisteuses (Pl. 199), soit un véritable micaschiste à muscovite macroscopique et biotite dominante microscopique (Pl. 200). Tel est aussi le faciès du s^2 au Sud des quartzites de Saint-Gildas (Pl. 227). Dans la coupe au Nord de

⁽¹⁾ A. DEMAY, *C. R. congr. géol. int. Londres, 1948* (en impression); *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1636.

Saint-Dolay, le grès armoricain (s^1) présente le faciès d'un quartzite métamorphique à muscovite et biotite très fine (Pl. 203). Le s^2 est un schiste carburé, à lits de séricite et lentilles de quartzite à séricite et chlorite (Pl. 205).

Un peu au Sud, dans le lambeau de grès armoricain du Bois du Restin, j'ai observé, à la cote 45, un quartzite à muscovite, dont le degré métamorphique est celui de véritables micaschistes (Pl. 206).

Près de Béganne, les schistes ardoisiers, avec phanites, attribués sur les cartes au 80 000^e et au 320 000^e au Gothlandien, présentent le faciès microscopique de schistes carburés métamorphiques à séricite, avec biotite fine subordonnée (Pl. 222 et 225).

Le Briovérien, figuré par Ch. Barrois dans la bande de Saint-Dolay et au Nord de Béganne, comprend des schistes ardoisiers, qui ne diffèrent, ni par le faciès stratigraphique, ni par le métamorphisme, des schistes s^2 ou s^1 évoqués ci-dessus. Je citerai les schistes x au Sud des quartzites du grès armoricain de Caden (Pl. 229) ou au Nord du grès armoricain de Béganne (Pl. 230), le Briovérien de la bande de Saint-Dolay, près de Saint-Dolay et près de la Grande-Eau (Pl. 197 et 201), tous schistes carburés sériciteux, faiblement métamorphiques. La rectification des contours semble d'ailleurs indiquer que la bande de Saint-Dolay prolonge le Gothlandien de Saint-Gildas et que le Briovérien, de Béganne à Caden, est la suite du Gothlandien du synclinal de Fégréac. Avec réserve, j'envisage un âge gothlandien pour ces schistes, attribués jusqu'ici au Briovérien. La bande de Saint-Dolay et celle de Béganne à Caden définiraient des synclinaux et non pas des anticlinaux. Peut-être faut-il maintenir un âge cambrien pour les schistes au Sud des grès armoricains métamorphiques du Bois du Restin, qui passent, au Sud de la Gouarais, à des micaschistes francs.

Plus à l'Est, dans la région de Guenrouët et de Blain, j'ai observé aussi des faits essentiels :

Le grès armoricain de Guenrouët est un quartzite métamorphique à séricite. Sur le flanc Sud de l'anticlinal, entre Guenrouët et l'Ongle, le s^2 et le s^1 ont été transformés en schistes métamorphiques, riches en séricite, souvent avec biotite microscopique (Pl. 231 à 233). Il y a passage à de véritables micaschistes à muscovite et biotite, où j'ai distingué un métamorphisme, en partie antérieur au plissement, en partie syntectonique ou postérieur.

Les quartzites de la bande étroite de Rochaux, au Sud de la large bande de Guenrouët, présentent au microscope des lits de muscovite et de biotite (Pl. 234). Ils sont attribués sur les cartes au s^1 , mais pourraient être des quartzites gothlandiens. En effet, j'ai observé les mêmes schistes, souvent rosés, et le même degré métamorphique au microscope, aussi bien au Sud de la bande, où ils sont notés x qu'au Nord, où ils sont attribués par tous les auteurs au Gothlandien. Un peu plus au Sud, près de Grand-

Champ, j'y ai observé des phyllonites, avec métamorphisme faible, séricite et très fine biotite (Pl. 237 et 238) et passage probable aux micaschistes de la partie Sud de la feuille de Saint-Nazaire.

Dans ces micaschistes, apparaît au Sud de Blain *un grand lambeau de quartzites, celui de la forêt de Groulais*. Ces quartzites, attribués par Bureau au s¹, puis au s¹, attribués par Barrois au s¹, puis en 1936 au Briovérien, puis de nouveau au s¹ (Saint-Nazaire, 2^e éd.), notés aussi en s¹ sur la carte au 320 000^e, doivent bien, à mon sens, être considérés comme du grès armoricain s¹, à cause de leur puissance, de leur caractère massif et aussi d'après les observations précédentes. Outre le quartz, je n'y ai vu que de la tourmaline abondante (Pl. 207). Mais ils sont nettement liés aux micaschistes et, au Sud de Blain, une intercalation quartziteuse, à 500 m au Nord du lambeau, est un quartzite à muscovite et biotite, présentant le degré de véritables micaschistes (Pl. 210).

En résumé, des observations concrètes prouvent qu'au Sud d'une ligne qui va de Redon au Nord d'Ancenis, la série cristallophyllienne, schistes et grès à séricite, micaschistes associés à des gneiss amphiboliques, comprend, outre le Cambrien et, éventuellement, du Précambrien, de l'Ordovicien et du Gothlandien.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la tectonique du cristallin dans les massifs de l'Aiguille de Roselette, de la Tête de la Cicie et de l'Aiguille de la Penaz au Sud-Ouest du Mont-Blanc.* Note de M. CLAUDE BORDET, présentée par M. Paul Fallot.

Les études de Ritter ⁽¹⁾, reprises en partie, depuis, par Ed. Paréjas, ont décrit en détail la structure de la terminaison Sud-Ouest du massif du Mont-Blanc, ainsi que les plissements de la couverture sédimentaire entre ce massif et la terminaison Nord-Est du Massif de Belledonne. C'est ainsi que Paréjas décrit 12 lames cristallines réparties en trois faisceaux entre le Baptieu et le col des Fours ⁽²⁾. Parmi celles-ci, il indique que la lame de Roselette (lame 6) « ne s'enracine pas au Nord-Ouest des châlets du Nant-Borant, ... mais sur la rive droite du torrent du Nant Borant ».

De récents levés m'ont permis de confirmer cette interprétation; la continuité du Lias et du Trias sous le Cristallin peut être mise en évidence malgré, et peut-être grâce au grand éboulement du flanc Nord-Est de l'aiguille de Roselette. De plus, à l'autre extrémité du massif, à 4 km au Sud-Sud-Ouest, nous avons constaté que le cristallin de Roselette ne se

(1) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 60, 9, 1897-1898.

(2) Voir en particulier Ed. PARÉJAS, *C.R.S. Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève*, 39, n° 1, 1922.

poursuivait pas vers le Sud par les affleurements cristallins de la vallée du torrent de la Cicle. Ritter admettait pourtant la continuité entre ces deux cristallins, et la feuille d'Annecy de la Carte Géologique au 1/80 000° l'interprète ainsi.

Pourtant, la position tectonique de ces deux cristallins est différente et un grand accident passant au col de la Cicle les sépare. On voit, d'autre part, de façon parfaite, le recouvrement du Cristallin de Roselette sur la série sédimentaire en haut de la vallée du torrent de la Cicle.

Le massif de l'Aiguille de Roselette-Tête de la Cicle est donc bien charrié; mais contrairement au type de structure bien connu des coins cristallins issus du socle et fichés dans la couverture sédimentaire, ce massif de 3,5 km de long sur 1100 m de large *repose sur une série sédimentaire suivant une surface en fond de bateau à peu près régulièrement soulignée par une lisière continue de calcaires* qui apparaissent en fenêtre sous le cristallin en deux points. Il ne s'agit donc pas, à proprement parler, d'un « coin » cristallin du socle fiché dans la couverture sédimentaire, mais d'un véritable lambeau de recouvrement, ou d'une klippe, dont l'origine doit vraisemblablement être cherchée dans le Cristallin du Sud du Mont-Blanc ou même peut-être dans une zone de racines correspondant au prolongement du petit massif cristallin de Courmayeur. Cette masse cristalline a été entraînée sur le dos d'une série sédimentaire qui n'est pas la série autochtone.

De plus, c'est aux affleurements de la rive gauche du torrent de la Cicle qu'il faut rattacher les quatre petits lambeaux cristallins visibles sur la rive droite de la vallée et reposant en superposition anormale sur les schistes du Lias, ainsi que l'avait déjà remarqué J. Goguel ⁽³⁾. Ces lambeaux ne sont pas enracinés comme le croyait Ritter. Ils forment, avec les affleurements de la rive gauche, une superposition de deux lames discontinues séparées par des schistes. Le percement de la galerie du Bon-Nant au lac de la Girotte a pu vérifier cette superposition assez peu visible en surface.

D'autre part, au pied des Roches-Franches, affleure sur 400 m de long vers l'altitude 2100 une écaille de cristallin, distincte de celle de la Balme, et qui n'avait jamais été signalée. La coupe géologique de la galerie du Bon-Nant à la Girotte a permis de montrer que ce copeau de cristallin flotte sur le Trias sans qu'on puisse déceler sa racine. Cette même galerie était d'ailleurs passée sous le Cristallin de la Tête de la Cicle sans le rencontrer. Elle avait seulement traversé les lames de la vallée du torrent de la Cicle, en passant sous les Roches-Franches. De même, plus à l'Est, une antenne creusée à partir de cette galerie avait découvert le Trias sous l'écaille de la Balme.

(3) RITTER, *loc. cit.*, p. 126, fig. 13.

(4) Inédit.

Enfin, la lame cristalline affleurant sur le versant Sud-Est de l'Aiguille de la Penaz (faisceau du plan Jovet de Paréjas) ne s'enracine pas au plan Jovet. Elle se termine au Nord-Est par une succession de blocs cristallins noyés en désordre dans les schistes du Lias ainsi que l'avait souligné Ritter⁽⁵⁾. Le Cristallin du plan Jovet porte d'ailleurs, par endroit, sa couverture de Trias autochtone indiquant une terminaison périclinale et non des racines d'écailles. La galerie du Bon Nant confirme cette opinion : il n'y a pas continuité entre la lame de la Pénaz et le Cristallin du plan Jovet.

En conclusion, il semble qu'il faille distinguer au point de vue de la tectonique du Cristallin dans cette région :

1° des zones de racines de lames du Cristallin du Mont-Blanc sous forme d'un socle haché de synclinaux étroits et sensiblement verticaux (partie inférieure du torrent de Tré-la-Tête);

2° des écailles ou lambeaux de charriage :

a. lames ou écailles cristallines, souvent sous forme d'un chapelet d'amandes d'épaisseur très variable, qui participent à la tectonique souple de la couverture, et qui ont été arrachées de leur racine ou cisailées latéralement lors du déplacement de la couverture (écailles de la Balme, de la Cicle, de la Pénaz, etc.);

b. une structure tectonique exceptionnelle sous forme d'une masse de cristallin plus importante (massif de Roselette-Tête de la Cicle) représentant un véritable lambeau de recouvrement.

Des études ultérieures tant sur le Cristallin que sur la série sédimentaire permettront de préciser l'origine de ces écailles.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur la nature du ciment de la Brèche andésitique du Cantal.*

Note de M^{lle} MADELEINE AUNIORD, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

La Brèche andésitique du Cantal est l'un des constituants principaux de ce massif volcanique; elle constitue plus de 80 % de l'ensemble des projections ou émissions de ce volcan. Mais, si du point de vue âge, les auteurs sont assez bien renseignés (elle daterait, rappelons-le ici, du Pliocène), on n'avait, jusqu'ici, aucune donnée certaine sur sa nature chimique. Son nom provient de ce que la majeure partie de ses enclaves est constituée par les blocs ou morceaux d'andésite, ou de trachy-andésite, à côté d'autres éléments (gneiss, granite, calcaire). Le tout est lié par un ciment.

Grâce à une série de traitements dont le principe était basé sur la différence nette dans la gamme de tailles des enclaves et dans celle de la taille des éléments du ciment, et en utilisant le contrôle du microscope, il a été

(5) RITTER, *loc. cit.*, p. 121.

possible de séparer des portions de ce ciment afin de les soumettre à l'analyse chimique. Examiné au microscope, ce ciment se montre constitué par des fragments de verre.

Les échantillons avaient été prélevés au Plomb du Cantal, au cœur du massif et à Pierrefort, à sa bordure Sud. A titre de comparaison, un prélèvement a été fait sur la formation analogue dite « Cinérite à blocs » du massif voisin du Mont-Dore (Route nationale 683, à 2 km au Sud du lac de Guéry).

Les analyses ont donné les résultats suivants (ana. C. Roogier) :

	Brèche de Pierrefort.	Plomb du Cantal.	Mont-Dore.
SiO ₂	50,83	52,25	51,28
Al ₂ O ₃	20,95	22,60	21,33
Fe ₂ O ₃	3,55	4,53	3,34
FeO.....	1,55	0,39	0,63
MgO.....	2,44	3,40	1,69
CaO.....	7,30	4,93	3,92
Na ₂ O.....	1,25	2,18	1,01
K ₂ O.....	3,15	2,85	3,23
TiO ₂	1,95	2,10	2,04
P ₂ O ₅	0,73	0,65	0,56
MnO.....	0,20	0,10	0,03
H ₂ O ⁺	2,90	3,10	5,75
H ₂ O ⁻	2,69	1,36	5,13
	<hr/> 99,49	<hr/> 100,44	<hr/> 99,94

Au cours du calcul des paramètres américains se manifeste un important excès de corindon. Cet excès, anormal pour des magmas éruptifs, est dû vraisemblablement au fait que des minéraux argileux sont mêlés à ce ciment, ciment dont la perméabilité est grande et que l'eau a pu largement parcourir. Un diagramme Debye-Sherrer a montré effectivement la présence de minéraux argileux, sans doute du groupe des Montmorillonites, mélangés à ce magma.

En conséquence, il a paru logique de refaire le calcul des paramètres, en formant, au préalable, du kaolin, à partir de l'eau de formation H₂O⁻, afin d'éliminer cet excès d'alumine. Les paramètres sont alors les suivants :

1° Pierrefort : II.4'.3.2 (3) :

$$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,73, \quad \text{An \%} = 60;$$

2° Plomb du Cantal : II.'5.3.3 :

$$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,42, \quad \text{An \%} = 53;$$

3° Mont-Dore : II.4.2.2' :

$$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 1,47, \quad \text{An \%} = 34.$$

Ces paramètres montrent que le ciment de ces brèches se classe dans le groupe des rhyolites calco-alcalines.

En conclusion, la brèche andésitique du Cantal est constituée par des enclaves principalement magmatiques, liées par un ciment. Ce dernier dérive d'un magma de nature rhyolitique calco-potassique, du type des Opdalites. Cette tendance calco-potassique est d'ailleurs assez classique dans les magmas acides du volcanisme de l'Auvergne.

Il s'ensuit que l'on doit considérer la majeure partie du massif volcanique du Cantal comme découlant d'éruptions acides du type explosif. La cinérite à blocs du Mont-Dore aurait une origine comparable, ce qui donne à ce massif un caractère également acide, venant ainsi remettre en question les données acquises récemment sur la succession des éruptions admises dans ce massif volcanique (¹).

LITHOLOGIE. — *Origine des brèches dites « volcaniques » de la région du Puy.*

Note de M^{me} **MARGUERITE RECH-FROLLO**, présentée par M. Paul Fallot.

Au printemps 1951, M. P. Bout a posé à nouveau le problème de la formation des brèches du rocher du Puy, de Denise, Polignac et des régions environnantes.

Les arguments pour et contre l'origine sédimentaire de cette brèche sont fondés surtout sur des données morphologiques et stratigraphiques. Mais ces données, tout comme l'étude des éléments eux-même avec toutes leurs transformations antérieures ou postérieures à leur mise en place, ne peuvent que *compléter* l'étude d'une brèche dont l'origine est inscrite dans la nature du ciment : les brèches sont volcaniques quand leur ciment est une lave, les brèches sont sédimentaires quand le ciment est un sédiment génétiquement indépendant des éléments remaniés.

Les observations qui suivent ont été faites sur des lames minces tirées d'échantillons prélevés dans le rocher du Puy, ou envoyés de Cheyrac et de Bilhac grâce à l'obligeance de M. P. Bout.

J'ai pu distinguer au moins trois variétés de roches appartenant à un même type de brèche : 1° brèche homogène; 2° brèche homogène à « éléments composés »; 3° brèche polygène.

1° L'élément unique dans les variétés homogènes est représenté par des *fragments volcaniques* de taille variable; une même lame mince ren-

(¹) L. GLANGEAUD, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5^e série, 13, 1943, p. 419.

ferme des éléments de diamètre inférieur à 0,05 mm, véritables poussières, à côté d'autres de 1,4 mm, et enfin de beaucoup plus grands, de 2 à 3 cm. Leur contour est anguleux, subanguleux ou très irrégulier. Leur composition minéralogique comprend une lave basaltique avec des cavités bulleuses, des microlithes et un certain nombre de minéraux épars (olivine, augite, hornblende, etc.).

2° Les « éléments composés » sont formés de fragments de brèche remaniée à éléments volcaniques, identiques à ceux décrits ci-dessus, engagés dans un ciment, lui aussi identique à celui de la roche même qui les renferme.

3° Les variétés polygènes de brèche (Cheyrac) possèdent des « éléments composés », du quartz *détritique* anguleux ou subanguleux, quelques débris d'une *pegmatite*, de grands cristaux fragmentés de *hornblende verte* non altérée, des *plagioclases*.

Ces trois variétés de roches appartiennent à un même type de *brèche calcaire* : le ciment de la brèche de la région du Puy est formé soit : *a.* par de la calcite pure, soit *b.* par un mélange à fond de calcite microcristalline à laquelle s'ajoutent du quartz *détritique* et de la limonite.

a. Brèches à ciment en calcite pure (Cheyrac). — Les éléments, ici polygènes, sont cimentés par de la calcite fibreuse déposée perpendiculairement à leur surface dans les vides laissés par l'irrégularité des contours des éléments en contact. Chacun de ces éléments est, en outre, entouré d'un enduit d'impuretés.

Il paraît superflu de souligner l'origine sédimentaire, et non éruptive, de cette variété de brèche : ciment-sédiment génétiquement indépendant des éléments qu'il agglutine, éléments témoignant avant leur incorporation d'actions aériennes ou subaériennes (enduit d'impuretés, « éléments composés »).

b. Brèche à ciment en calcite microcristalline, quartz et limonite. — En lumière naturelle et à faibles grossissements, les éléments et la gangue paraissent avoir une même origine, la gangue étant simplement altérée par rapport aux éléments restés très frais. Un examen rapide pourrait ainsi induire en erreur. On ne voit pas alors comment l'altération aurait touché la « lave » du ciment et laissé intacte celle des éléments, puisque les deux auraient eu la même constitution.

Mais, en réalité, les faits sont différents. Étudié à un fort grossissement, avec le condensateur baissé, le ciment manifeste une indépendance absolue par rapport aux éléments volcaniques.

Il faut d'abord faire la part, dans la gangue, des fragments volcaniques très fins (poussières volcaniques), dont il a été déjà question. Ils relèvent des *éléments* de la brèche et non pas du *ciment* : ils ont absolument la même constitution minéralogique que ces derniers, ne sont pas non plus altérés et demeurent toujours éteints, comme eux, en lumière polarisée. Par contre,

le vrai ciment de la brèche tranche sur le reste par sa biréfringence; vu à fort grossissement, il apparaît constitué par un fond de *calcite microcristalline* de teinte jaune clair due aux inclusions poussiéreuses d'*oxyde de fer* (limonite), et parsemée de grains anguleux très fins (0,009 à 0,006 mm de diamètre) de *quartz*; par endroits aussi l'on observe une seconde génération de calcite, en plages, formée de cristaux se moulant les uns aux autres et encore de la limonite, détritique cette fois-ci (en grains).

Calcite microcristalline, quartz anguleux, oxyde de fer (limonite), formant le ciment, constituent ici aussi une gangue-sédiment engendrée indépendamment des éléments qu'elle agglutine.

Conclusions. — Le ciment des brèches de la région du Puy n'est pas une lave, il possède, à lui seul, tous les caractères d'un sédiment; l'origine sédimentaire de ces brèches est donc évidente. Leur formation peut être envisagée comme le produit d'une accumulation aérienne ou subaérienne de lapillis et de poussières volcaniques, rejetées par éruptions et cimentées par un sédiment calcaire. Ce sont donc des brèches calcaires. Des phénomènes d'altération superficielle des éléments (enduit d'impuretés), de double remaniement (« éléments composés ») montrent que les phénomènes génétiques ont été assez complexes et variés suivant les régions.

GÉOPHYSIQUE. — *Application de la formule d'Appleton-Hartree à la détermination des trajectoires de phase d'une onde électromagnétique dans l'ionosphère.*

Note de M. ÉMILE ARGENCE, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous proposons une méthode directe de détermination des trajectoires de phase à partir de la théorie magnéto-ionique d'Appleton. Cette méthode dont nous montrons le lien avec celle de Booker ne nécessite pas l'utilisation de la théorie magnéto-ionique généralisée.

1. *Notations.* — ω , pulsation de l'onde; ω_0 , pulsation critique; ω_H , gyropulsation, $\beta = \omega_H/\omega$; $\eta = \omega_0^2/\omega^2$; μ , indice de réfraction; θ , angle formé par la normale au plan d'onde et la direction du champ magnétique; δ , angle entre le champ magnétique et la verticale; α , angle entre la normale au plan d'onde et la verticale; α_0 , angle d'émission; φ , azimuth du plan d'incidence par rapport au plan du méridien magnétique. Nous supposons nulle la fréquence de collision ($\nu = 0$), on peut tenir compte de l'absorption en substituant à β et η , β/u et η/u avec $u = 1 - i\nu/\omega$.

2. *Équation différentielle des trajectoires.* — Nous avons montré précédemment ⁽¹⁾ que l'expression de l'indice donnée par Appleton ⁽²⁾ conduisait natu-

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2080 et 233, 1951, p. 607.

⁽²⁾ *J. Inst. Electr. Engs.*, 71, 1932, p. 642.

rellement à l'étude de la quartique circulaire :

$$(1) \quad (X^2 + Y^2)^2 (1 - \eta + \beta^2) + (X^2 + Y^2) [\beta^2 (\eta X^2 - \eta + 2) - 2(1 - \eta)^2] - \eta \beta^2 X^2 + (1 - \eta) [(1 - \eta)^2 - \beta^2] = 0.$$

Nous avons, d'autre part :

$$(2) \quad X = \mu \cos \theta; \quad Y = \mu \sin \theta,$$

$$(3) \quad \mu \sin \alpha = \sin \alpha_0 \quad (\text{loi de Descartes}).$$

$$(4) \quad \cos \theta = \cos \alpha \cos \delta + \sin \alpha \sin \delta \cos \varphi.$$

$$(5) \quad \frac{dy}{dx} = \cotg \alpha.$$

Les relations (1) à (5) nous conduisent à l'équation différentielle des trajectoires

$$(6) \quad a_0 y'^4 + a_1 y'^3 + a_2 y'^2 + a_3 y' + a_4 = 0$$

avec

$$a_0 = [(1 - \beta^2) - \eta(1 - \beta_3^2)] \sin^4 \alpha_0,$$

$$a_1 = 2\eta\beta_2\beta_3 \sin^4 \alpha_0,$$

$$a_2 = 2 \sin^2 \alpha_0 \{ [\beta^2 \cos^2 \alpha_0 - (1 - \eta)(\cos^2 \alpha_0 - \eta)] - \eta[\beta_1^2 + \beta_2^2 \cos^2 \alpha_0 + (1 + \cos^2 \alpha_0)\beta_3^2] \},$$

$$a_3 = -2 \cos^2 \alpha_0 \cdot \sin^2 \alpha_0 \cdot \eta_1 \beta_2 \beta_3,$$

$$a_4 = (1 - \eta) [\cos^2 \alpha_0 - \eta]^2 - \cos^4 \alpha \cdot \beta_3^2 - \cos^2 \alpha_0 (\cos^2 \alpha_0 - \eta) (\beta_1^2 + \beta_2^2);$$

où l'on a posé

$$\beta_1 = \beta \sin \delta \sin \varphi; \quad \beta_2 = \beta \sin \delta \cos \varphi; \quad \beta_3 = \beta \cos \delta.$$

Si nous posons $\mu(\alpha) \cos \alpha = q$, d'où $y' \sin \alpha_0 = q$, nous obtenons l'équation de la quartique étudiée par Booker ⁽³⁾.

Une étude générale des trajectoires et de leurs singularités peut être effectuée à partir de l'équation différentielle (6). Cette équation peut être résolue numériquement d'après les méthodes classiques ⁽⁴⁾. Notons que la substitution de la loi de réfraction de Bouguer à celle de Descartes, compte tenu de la variation de $\cos \delta$ et de ω_m , avec la distance, nous donne l'équation différentielle des trajectoires pour le cas le plus général.

3. *Trajectoires remarquables.* — On obtient d'importantes simplifications pour les cas suivants : *a. propagation Est-Ouest* ($\varphi = \pi/2$); *b. propagation équatoriale* ($\delta = \pi/2$); *c. propagation polaire* ($\delta = 0$); dans ce dernier cas $\theta = \alpha$, pour un angle α_0 donné les trajectoires sont les mêmes quel que soit l'azimut (*propagation isotrope*). Nous supposons pour tous ces cas δ constant, ce qui est valable pour une propagation à moyenne distance.

4. *Conclusion.* — La méthode exposée permet de déterminer les trajectoires

⁽³⁾ *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 237, 1938, p. 411.

⁽⁴⁾ H. MINEUR, *L'interpolation numérique* (sous-presse).

de phase dans le cas le plus général, elle peut être étendue évidemment aux trajectoires de groupe au sens de Booker⁽⁵⁾. Nous avons montré dans un travail en cours de publication que l'on pouvait utiliser avec une approximation suffisante ($\omega > \omega_H$) les expressions des indices données antérieurement⁽⁶⁾. Signalons qu'au voisinage du pôle où ($\omega_H/\omega_c \simeq 1/2$) pour la région E⁽⁷⁾ la correction à apporter aux méthodes usuelles de prévisions de fréquences est particulièrement importante. Un travail détaillé comprenant l'étude des trajectoires de phase et d'énergie paraîtra dans un autre périodique.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur les anomalies thermiques de Pechelbronn.*

Note de M. GEORGES CLAUDE, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

On sait que la région de Pechelbronn est le siège de gradients géothermiques très bas, tombant, près de Soultz, à 9 m par degré, soit moins du tiers de la valeur normale. En raison des avantages qui résulteraient, de ce fait, pour l'extraction de la chaleur terrestre, il importe d'être fixé sur le mécanisme de cette anomalie. On verra ici que non seulement les forages destinés à ce but y seront deux ou trois fois moins profonds qu'ailleurs, mais qu'ils seraient sans doute assurés d'un fort débit d'eau chaude.

Pour des raisons qui seront mieux comprises plus loin, il est difficile d'invoquer, soit une haute conductivité du sous-sol, soit la présence, au voisinage de la surface, de roches volcaniques récentes, soit une radio-activité excessive du sous-sol. Une hypothèse nouvelle m'a paru nécessaire.

Les effets constatés seraient l'œuvre, au cours des âges, d'un faible débit d'eau venant des Vosges, du Rhin ou de la Forêt-Noire. Par des fractures ou des sections poreuses spécialement favorables, cette eau atteindrait des profondeurs capables de la porter vers sa température critique (375°). Sous la poussée thermoartésienne, elle remonterait alors, rencontrerait vers la surface une de ces couches criblées, en sus de leur porosité, de vides et de cassures diverses — coiffée d'une autre couche peu perméable retenant l'eau prisonnière — et lui céderait une part de sa chaleur? Cette haute température de l'eau remontante lui permettrait, malgré ses pertes en route, d'arriver assez chaude pour maintenir la couche perméable sans doute au-dessus de 200°, puisque l'on a trouvé dans un forage récent 159° à — 1680 m seulement.

Pour apprécier la faiblesse du débit nécessaire, donnons à cette couche la surface des grandes anomalies probables de Pechelbronn, soit 400 km² :

(5) *J. of Geoph. Res.*, 54, 1949, p. 243.

(6) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2080.

(7) J. C. SCOTT, *J. of Geoph. Res.*, 56, 1951, p. 10.

même surmontée de roches très conductrices transmettant 2 C : (m² degré-heure) et en admettant un gradient de 10 m, la déperdition superficielle de cette immense surface ne serait que de 22 000 C : s, que 0,2 m³ : s d'eau à 320° tombant à 200°, suffirait à combler.

Si l'hypothèse est exacte, de la proximité d'une couche légère chargée d'eau doit résulter une gravimétrie anormale de cette région. Or, une carte gravimétrique au 1/200 000^e de l'Alsace existe, levée en 1942 par les Allemands. M. Henry, directeur de l'Exploitation de Pechelbronn, a bien voulu me la communiquer, et j'ai pu constater avec lui la profonde déficience gravimétrique de la région de Pechelbronn, déficience atteignant 50 mgal par rapport à la région de Phalsbourg.

Si frappante que fût cette confirmation, il n'en découlait pas nécessairement que l'hypothèse soit exacte. L'anomalie thermique pouvait être indépendante de l'autre, ne pas en résulter. Une constatation fortuite m'a convaincu de sa dépendance :

La monographie bien connue de Schnaebelé sur Pechelbronn donne, d'après Haas et Hoffmann (1929), le tracé de quelques isothermes à — 400 m. Or, ces isothermes (35, 40, 45 et 50°), orientés SW-NE et croissant vers SE, sont d'un net parallélisme avec les isogals de la carte allemande : plus la couche légère est proche de la surface, plus les températures s'élèvent. Ainsi, c'est la couche légère qui commande les températures et ce qui restait jusque-là une hypothèse devient probable, l'approche de la surface du sol par une épaisse et très chaude masse d'eau (ou d'un autre liquide) paraissant seule capable d'expliquer *à la fois* l'anomalie thermique de Pechelbronn et ses anomalies gravimétriques (sauf le cas de cendres volcaniques récentes).

On conçoit maintenant pourquoi les hypothèses rappelées plus haut ne paraissent pas suffire, parce que si elles expliquent les températures, elles sont contre-indiquées par la gravimétrie.

A la vérité, l'accord est moins bon que je ne l'avais cru. Une nouvelle carte gravimétrique au 1/50 000^e, donc bien plus détaillée, a été levée récemment par le service géophysique des Potasses d'Alsace : en y reportant les isothermes de Haas, leur parallélisme avec les isogals, très bon, pour 30 et 35°, sur 10 et 6 km au voisinage de Merckwiller, siège de l'Exploitation, bon sur 4 km pour 40°, mauvais pour 45 et 50° (par suite, sans doute, d'une influence du horst de Soultz), cesse complètement au Sud-Ouest, où les isothermes 35 et 40° tels qu'on les a tracés arrivent à couper à angle droit les isogals. La dépendance des deux anomalies serait donc remise en question.

Mais il serait étonnant que, dans une même région, deux anomalies aussi importantes existassent indépendamment l'une de l'autre, surtout quand leur dépendance paraît manifeste dans une partie de cette région.

J'incline donc à croire que lorsqu'il y a désaccord, c'est qu'en des régions jugées peut-être sans intérêt, les mesures ont été incomplètes ou hâtives.

Évidemment, ceci n'est pas la certitude. En raison de ce doute et de celui qu'on pourrait baser sur l'action chimique puissante de l'eau portée à une température et à une pression aussi élevées, je dois conserver à mon explication le caractère d'une hypothèse, en insistant toutefois sur le grand intérêt que présenterait sa vérification.

Si elle se confirmait, l'existence de cette couche chargée d'eau surchauffée, dont je laisse à de plus compétents de déterminer la profondeur, l'épaisseur et la température, serait, en effet, d'une grosse importance pratique. La facilité de circulation de l'eau dans une telle couche assurerait de gros débits d'eau surchauffée aux puits peu profonds et de faible diamètre qui y déboucheraient.

J'ajoute que l'anomalie semble s'étendre loin du district de Pechelbronn, vers l'amont de la vallée du Rhin.

Je tiens à signaler que M. Henry a, le premier, émis l'idée d'une explication des faibles gradients de Pechelbronn par remontée des eaux profondes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du rôle physiologique du sinigroside de la Moutarde noire (Brassica nigra Koch, Crucifères). Note de M. PIERRE DELAVEAU, présentée par M. Raoul Combes.*

Etude du taux de sinigroside des organes verts de la Moutarde à l'aide d'une technique argentimétrique comportant une stabilisation préalable par l'alcool. Disparition de cet hétéroside au cours de la germination. Pendant la formation et la maturation des graines, accumulation dans celles-ci et disparition dans les autres organes. Le sinigroside participe probablement au métabolisme.

Dans le but d'étudier la qualité du fourrage fourni par diverses variétés indiennes de moutardes et de colzas, A. Mohammad et A. Sultan⁽¹⁾ ont entrepris en 1944 de doser la quantité d'essence sulfurée que peuvent contenir certains organes de ces plantes récoltés au cours des derniers stades de la végétation.

Désirant reprendre et élargir cette étude, nous avons fait porter notre choix sur la Moutarde noire, *Brassica nigra* Koch, plante de croissance rapide et dont les graines dégagent après broyage et macération aqueuse une quantité importante d'allylsénevol. On utilise généralement pour le dosage de ce sénevol la méthode de Dietrich-Gadamer au nitrate d'argent. Rappelons que l'application de cette méthode est assez délicate et qu'il

(1) *Indian J. Agric. Sc.*, 15, 1945, p. 181-184.

faut éviter, pour obtenir des résultats exacts, de prolonger trop longtemps la macération.

Nous l'avons appliquée au dosage de l'essence libérée à partir des organes verts de la plante (feuilles, tiges, siliques en formation). Des essais préliminaires nous ont permis de constater deux faits : 1° la destruction de l'essence au cours des macérations prolongées est plus rapide et plus accentuée lorsqu'il s'agit d'organes frais à l'état de vie intense que lorsque l'on a affaire à des graines ; 2° ces mêmes organes accusent une teneur en essence moins élevée quand le dosage est pratiqué sur des plantes coupées depuis plusieurs heures et qui ont commencé à se faner.

Supposant que dans les deux cas la disparition du sinigroside et celle de l'essence déjà formée sont en rapport avec des phénomènes diastatiques, nous avons été amené, pour faciliter nos recherches, à appliquer à nos matériaux d'étude une stabilisation préalable par action de l'alcool bouillant selon le principe de la méthode mise au point par E. Bourquelot en 1900 ⁽²⁾.

Après ce traitement, les organes sont broyés et l'on opère une évaporation et une dilution convenables de l'alcool pour obtenir un titre final inférieur à 15°. La fermentation est provoquée par l'addition de poudre de graine de Moutarde blanche qui apporte avec elle la myrosinase nécessaire et ne fournit pas d'essence sulfurée volatile. La suite du dosage est effectuée comme si l'on avait affaire à des matériaux fraîchement cueillis.

Par cette technique, on supprime les causes de destruction de l'essence et l'on peut, d'autre part, fixer sitôt après leur récolte un grand nombre d'échantillons qu'il est possible d'étudier ensuite à loisir.

Ainsi nous avons essayé de connaître : 1° ce que devient le glucoside à sénevol au cours de la germination des graines et 2° quelle est la teneur en ce même glucoside de divers organes verts récoltés successivement au cours de la végétation de la plante. Les résultats de ces essais sont rapportés dans les deux tableaux ci-après.

La lecture des données numériques qui figurent dans ces deux tableaux permet les constatations suivantes :

1° Pendant la germination et pendant le premier développement de la plantule, le sinigroside disparaît lentement : après 20 jours il ne reste plus que 28 % environ de la quantité qui existait à l'origine dans les graines.

2° Dans les plantes croissant en champ d'expérience, on trouve au moment de la floraison du glucoside à sénevol dans les différents organes verts (tiges, feuilles et sommités fleuries) souvent en quantité appréciable.

(2) *J. Pharm. Chim.*, 6^e série, 11, 1900, p. 510.

Nous avons vérifié l'identité de l'allylsénevol en préparant sa combinaison ammoniacale, la thiosinamine, dont nous avons pris le point de fusion (70-71°).

3° Lorsque la plante développe ses fruits et ses graines, le sinigroside disparaît progressivement des feuilles et des tiges tandis qu'il s'accumule dans les graines en formation.

TABLEAU I.

Variation du taux d'allylsénevol de graines mises à germer sur sable humide à la lumière (résultats rapportés à une graine).

Nombre de jours de germination..	0.	1.	2.	6.	9.	10.	18.	20.	Perte % au 20 ^e jour.
Taux d'essence en microgrammes..	22,0	18,8	19,8	13,2	15,6	12,6	7,6	6,2	72

TABLEAU II.

Variation au cours de la végétation en champ d'expérience

[résultats rapportés à 100 g de matière fraîche (A) ou de matière sèche (B);
taux d'allylsénevol en grammes].

Date de la récolte.	Feuilles		Sommités fleuries et premières siliques					
	A.	B.			A.	B.		
9 juin, début de la floraison.....	0,04	0,15	—		0,04	0,11	—	—
21 juin, fin de la flo- raison.....	0,01	0,03	—		0,06	0,20	—	—
			Jeunes tiges et pédoncules		Siliques		Graines en formation	
	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
27 juin.....	<0,01	0,01	0,03	0,05	0,12	0,48	—	—
10 juillet.....	<0,01	0,01	0,05	0,09	0,21	0,53	0,41	0,56
13 »	<0,01	<0,01	0,04	0,06	0,18	0,51	0,66	0,99
17 »	<0,01	<0,01	0,02	0,04	0,19	0,52	0,60	(—)
21 »	—	—	0,01	0,02	0,32	0,50	0,68	1,07
25 »	—	—	<0,01	0,01	0,19	0,31	0,60	0,98
27 »	—	—	<0,01	<0,01	—	—	0,89	1,05

L'accumulation de cet hétéroside dans les graines, puis sa disparition au cours de la germination, permettent de penser qu'il peut participer au métabolisme.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Dédifférenciation cellulaire et clivage des chondriocotes lors de l'évolution des cellules nourricières des galles de Diastrophus Rubi Htg. sur la Ronce*. Note de M. JEAN MEYER ⁽¹⁾, présentée par M. Louis Blaringhem.

La formation du tissu nourricier de la galle de *Diastrophus Rubi* débute par une dédifférenciation cellulaire, bientôt déviée vers la cytologie du type nourricier. La richesse en chondriocotes périucléaires de la cellule nourricière adulte est due à la multiplication des chondriocotes par division longitudinale attestée par la présence de couples de chondriocotes juxtaposés parallèlement et à segmentation homologue.

Des élevages effectués dans les conditions naturelles me permirent d'obtenir des éclosions de *Diastrophus Rubi* dans la deuxième quinzaine d'avril. Les hypertrophies sur la tige de Ronce étaient déjà bien visibles vers le 12 mai, date où furent effectuées les premières fixations. Des coupes transversales dans ce jeune stade permettent d'affirmer que l'œuf est introduit au niveau des faisceaux conducteurs. La cavité larvaire est située au début dans une partie de la zone de l'anneau libéro-ligneux comprise entre le péricycle parenchymateux et les pôles ligneux. Les préparations mitochondriales fixées et colorées par la méthode de Regaud m'ont permis d'étudier l'évolution cytologique du plastème nourricier.

Dans les jeunes stades de la première quinzaine de mai, la cavité larvaire est tapissée d'une part de cellules plus ou moins nécrosées, d'autre part de cellules présentant déjà une tendance nette vers la cytologie typique des plastèmes nourriciers telle que je l'ai déjà décrite ⁽²⁾. Elles sont caractérisées par un cytoplasme plus dense, un gros noyau central, un nucléole hypertrophié, des plastes peu différenciés, chondriocotiformes et plus ou moins vésiculisés. Les caractères d'indifférenciation relative de ce plastème apparaissent graduellement au cours des premières divisions cécidogènes. On retrouve en effet, en partant des cellules parenchymateuses externes normales, les termes de passage montrant une dédifférenciation de plus en plus poussée au fur et à mesure que l'on s'avance vers la cavité. En particulier, les chloroplastes présentent une évolution dédifférenciatrice rappelant beaucoup celle décrite par Buvat ⁽³⁾ lors de la première phase de dédifférenciation des plastes du parenchyme libérien de la Chicorée. Les chloroplastes s'étirent tout en formant des ventres riches en matière plastidale colorable ou des vésicules peu colo-

⁽¹⁾ Travail effectué à l'Institut de Botanique de Strasbourg avec la collaboration technique de M. Charles Schmitt.

⁽²⁾ *Rev. gén. Bot.*, 55, 1948, p. 256-290.

⁽³⁾ *Thèse Science*, Paris, 1944; *Ann. Sc. Nat. Botanique*, 11^e série, 5 et 6, 1944, 1945.

rables flanquées de tractus de substance très sidérophile d'épaisseur irrégulière. Ces derniers tendent à s'isoler et constituent parfois des chaînes discontinues d'éléments chondriocontiformes de longueurs variables. L'hétérogénéité des chondriocontes décrite par Meites ⁽⁴⁾ apparaît donc déjà très précocement. La brisure de ces filaments hétérogènes à l'endroit de constriction non sidérophiles situées au niveau des ventres vésiculisés permet d'expliquer l'origine et la présence ultérieure de chondriocontes ramifiés. En tout cas, en même temps que l'hypertrophie cellulaire, nucléaire et nucléolaire s'accroît, on aboutit au chondriome filamenteux, touffu, périnucléaire et de calibre variable, signalé à l'état adulte par Garrigues ⁽⁵⁾.

L'origine de cette multiplication extraordinaire des chondriosomes mérite une étude spéciale. Déjà le fait de la différence de calibre, d'ailleurs plus ou moins caractéristique d'une cellule donnée, nous fait entrevoir un dédoublement possible de la substance mitochondriale. La présence de chondriocontes épais, montrant par endroits des éléments sidérophiles dédoublés côte à côte et l'observation de figures très nettes de filaments à segmentation homologue, couplés parallèlement, confirment cette hypothèse : les chondriocontes peuvent se multiplier par dédoublement de leur substance et clivage longitudinal séparant des éléments homologues. Ainsi l'extraordinaire multiplication des chondriocontes périnucléaires du tissu nourricier de *Diastrophus Rubi* peut trouver son explication dans un phénomène de division longitudinale, nouvelle possibilité d'évolution des chondriocontes, demeurée ignorée jusqu'à présent. Il reste cependant à voir si ce mode de division trouvé dans un cas pathologique est une possibilité d'évolution normale des chondriocontes dont l'observation, facilitée dans notre cas particulier par la multiplication extraordinaire de ces éléments, serait une chance rare dans une cellule normalement pourvue en chondriome.

Quoi qu'il en soit, cette multiplication par dédoublement est toujours accompagnée d'une fragmentation des chondriocontes en éléments plus ou moins courts, pouvant aller jusqu'à la forme de chaînes de chondriomites. Le degré de fragmentation du chondriome varie d'ailleurs d'une cellule à l'autre. Cette variabilité de longueur des chondriosomes dans le tapis nourricier peut être mise en rapport, conformément aux vues de Buvat ⁽⁶⁾, avec un rythme d'excitation et de ralentissement d'activité cellulaire : on pourrait, dans le cas présent, attribuer ce rythme aux impulsions parasitaires.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 241.

⁽⁵⁾ *Thèse Science*, Lyon, 1951.

⁽⁶⁾ *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 668.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la stimulation des échanges du Lapin par l'alimentation et les restrictions à apporter à la notion de l'action dynamique spécifique chez cette espèce.* Note de MM. THÉOPHILE CAHN et JACQUES HOUGET, présentée par M. André Mayer.

Après avoir vérifié sur des chiens parfaitement entraînés aux mesures calorimétriques de longue durée que ni le travail des sécrétions digestives, ni les mouvements péristaltiques n'augmentaient sensiblement les échanges, Rubner a comparé la production calorifique de l'animal nourri et de l'animal jeûneur. La comparaison lui a montré que, dans la zone dite de neutralité thermique, la production de chaleur de l'animal nourri est toujours supérieure à celle de l'animal à jeun; les différences varient de 5 à 30 %, elles sont en rapport avec la nature de l'aliment ingéré. Le calcul donne, pour les glucides, un surplus de production calorifique de 6 à 8 %, pour les lipides de 13 % et pour les protides de 30 %. C'est cette surproduction définie de chaleur, qui accompagne l'assimilation de chaque aliment, que Rubner a appelée l'action dynamique spécifique. Cette notion a été rapidement admise comme s'appliquant à toutes les espèces animales et on lui a donné tantôt des bases biochimiques, tantôt des bases physiologiques, ces dernières semblant d'ailleurs les plus acceptables.

En mesurant chez le Lapin (race Zoo) les échanges respiratoires d'une manière continue jour après jour, nous avons été surpris de constater que, dès qu'on lui retire sa nourriture, sa production calorifique baisse rapidement d'environ 30 %. Voici, à titre d'exemple, quelques résultats expérimentaux :

N° de l'animal.	Régime.	Poids.	Cal : kg : h.	Quotient respiratoire.
33 (*).....	{ alimenté	1,20	5,69 (*)	1,05
	{ jeûnant	—	3,86 (*)	0,85
R 044.....	{ alimenté	2,20	4,40	1,10
	{ jeûnant	—	3,06	0,97
3.....	{ alimenté	2,30	4,65	1,12
	{ jeûnant	—	3,16	0,86
37.....	{ alimenté	3,40	3,06	1,06
	{ jeûnant	—	2,21	1,00
069.....	{ alimenté	4,05	3,76	1,01
	{ jeûnant	—	2,75	0,90

Toutes ces valeurs correspondent à des mesures faites sur des périodes de 6 h, sauf celles marquées (*) qui correspondent à 24 h.

On pourrait penser que cette brusque baisse des échanges, dès que l'alimentation cesse, correspond à la suppression d'une action dynamique

spécifique, mais cette interprétation n'est à retenir ni du point de vue biochimique, ni du point de vue physiologique. En effet, d'une part le lapin reçoit une alimentation pratiquement hydrocarbonée, dont l'action dynamique spécifique ne peut être de l'ordre de 30 % et son quotient respiratoire pendant les six premières heures de jeûne montre qu'il continue à brûler des glucides d'une façon prépondérante; d'autre part, on sait que l'action dynamique spécifique se prolonge pendant environ 24 h après les repas et nous constatons ici la baisse presque immédiate des échanges.

Le phénomène inverse apparaît lorsque l'on réalimente des lapins ayant jeûné : les échanges augmentent alors aussitôt et souvent d'une façon considérable, surtout chez les jeunes animaux, comme le montrent les quelques valeurs suivantes déterminées sur les six premières heures consécutives à la réalimentation :

	Poids (kg).	Cal : kg : h.	Quotient respiratoire.
Jeûneur de 3 jours.....	1,05	3,38	0,80
Réalimenté.....	—	6,32	0,99
Jeûneur de 6 jours.....	1,87	2,30	0,75
Réalimenté.....	—	4,06	0,96
Jeûneur de 6 jours.....	3,69	2,31	0,73
Réalimenté.....	—	2,91	0,78

Même chez un animal aussi sédentaire que le Lapin, l'alimentation s'accompagne d'une certaine activité musculaire et une partie de la variation de production énergétique constatée doit être attribuée à celle-ci. Mais, de quelque façon que l'animal s'adapte à la situation nouvelle (mouvements, changements de position ou d'érection du pelage faisant varier le rayonnement, etc.), il n'en reste pas moins que le fait saillant sur lequel nous attirons l'attention consiste dans l'extrême rapidité avec laquelle la production calorifique augmente ou diminue en fonction de la prise de nourriture. Ce fait démontre l'existence d'un mécanisme physiologique, probablement neuro-humoral, de stimulation des échanges par l'alimentation. On le trouve peut-être chez d'autres espèces. En tous cas, son existence rend difficile sinon impossible la mise en évidence ou la mesure d'une action dynamique spécifique chez le Lapin.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Acides aminés libres des sangs de Poisson : étude chromatographique.* Note de M^{me} ANDRÉE DRILHON, présentée par M. Paul Portier.

Si les protéines des sangs de Poisson ont été bien étudiées (teneur et variations, rapport sérine-globuline, point iso-électrique, par contre la

fraction aminée de l'azote non protéique est assez mal connue; il est vrai que cette teneur en azote aminé est faible : elle s'établit autour de 4 à 6 mg % chez les téléostéens.

L'étude des acides aminés libres ou de constitution des muscles de Poisson intéressant la valeur alimentaire de ces acides ont amené quelques auteurs à mettre en évidence occasionnellement et sur des espèces diverses quelques acides aminés libres dans le sang : le glycocole, l'histidine (abondante chez les Sélaciens (30 mg %₁₀₀), la lysine et l'arginine (1).

Mais aucune discrimination complète n'a été faite, à notre connaissance, jusqu'ici. Utilisant la méthode de chromatographie de partage qui a déjà fourni tant de résultats dans le domaine des acides aminés, nous avons pu étudier ceux-ci systématiquement chez un sténohalin d'eau douce, la Carpe, et chez un euryhalin, l'Anguille. Nos expériences ont porté sur le sang total le sérum et les globules, fractions d'une unique prise de sang sur le même animal.

Par ailleurs nous avons établi pour chaque individu son rapport gonosomatique et sa teneur globale en protéines. Les anguilles étaient des anguilles argentées d'avalaison pesant 1,500 kg dont la teneur en protéines, très élevée, atteignait 58 à 60 g %₁₀₀ et leur rapport gonosomatique était égal à 1,45.

Il résulte de ces recherches que le nombre des acides aminés libres dans le sang de l'Anguille et de la Carpe est important, puisque nous avons pu jusqu'ici en dénombrer douze différents. Les acides aminés basiques dominent nettement; ce sont par ordre d'importance : la valine, la lysine, puis la tyrosine, l'histidine et l'arginine.

En opérant avec des concentrations plus élevées et avec des solvants variés on décèle alors tous les autres.

Il existe un parallélisme absolu entre le sang total et le sérum : la valeur quantitative de chaque élément paraît seulement les faire différer. On trouve dans les globules rouges le glycocole, et les acides aminés abondants dans les histones et les protamines (tryptophane, phénylalanine, histidine, lysine et arginine).

Nous avons cru pouvoir attribuer à des traces de dioxyphénylalanine une tache présente dans les globules et le sang total, tache décelable aisément en lumière ultraviolette et se colorant en jaune par la ninhydrine.

Quelques échantillons de sang total de truite nous ont permis de voir que la répartition des acides aminés libres est rigoureusement la même que chez la Carpe; nos résultats sont groupés dans le tableau ci-après.

(1) *Biochemistry of fish*, 1951 (*Symposia*, n° 6, Cambridge).

Acides aminés.	Anguille.			Carpe.		
	Sang total.	Sérum.	Globules.	Sang total.	Sérum.	Globules.
Cystine.....	— +	—	+	— +	— +	+
Acide aspartique.....	+	+	—	+	+	—
Acide glutamique.....	+	+	—	+	+	—
Histidine.....	+	+	+++	+	+	+++
Lysine.....	+++	++	+++	+++	++	+++
Glycocolle.....	++	+	+	++	+	++
Proline.....	— +	— +	—	—	—	—
Tyrosine.....	++	++	++	+	+	— +
Valine.....	+++	++	+++	+++	++	+++
Norvaline.....	— +	— +	—	—	—	—
Tryptophane.....	++	+	++	+	+	++
Leucine.....	+	+	—	+	+	—
Isoleucine.....	— +	— +	—	—	—	—
Arginine.....	++	+	+++	++	+	+++
Phénylalanine.....	+	— +	++	++	+	++

Nos recherches sur l'adaptation de la Carpe à des solutions salées (dilu-
tions d'eau de mer) nous avaient montré ⁽²⁾ que, si les protéines totales
augmentent légèrement au début des expériences, une adaptation lente
et prolongée ramène aisément leur taux à la normale. Par contre les points
iso-électriques de celles-ci subissent des modifications sensibles pour un
gradient de salinité très faible ($\Delta = -0^{\circ}13$) et se maintiennent au même pH
jusqu'à $-0^{\circ}90$. Il apparaît donc que l'équilibre des ampholytes est per-
turbé pour un changement minime du milieu environnant : la Carpe se
comporte, au point de vue protéique, comme le Congre, sténohalin marin.

Pour l'Anguille, au contraire, Fontaine et Boucher-Firly ⁽³⁾ ont montré
que le taux des protéines sériques subit une diminution importante lors
du passage de l'eau douce à l'eau de mer : celles-ci baissent de 15 % au
sixième jour d'adaptation et de 40 % au maximum pour les anguilles
d'avalaison; parallèlement la teneur en azote non protéique ne paraît
subir aucun changement ⁽⁴⁾.

Répétant ces mêmes expériences, il nous a paru judicieux de voir si les
figures chromatographiques des acides aminés libres révélaient des modifi-
cations.

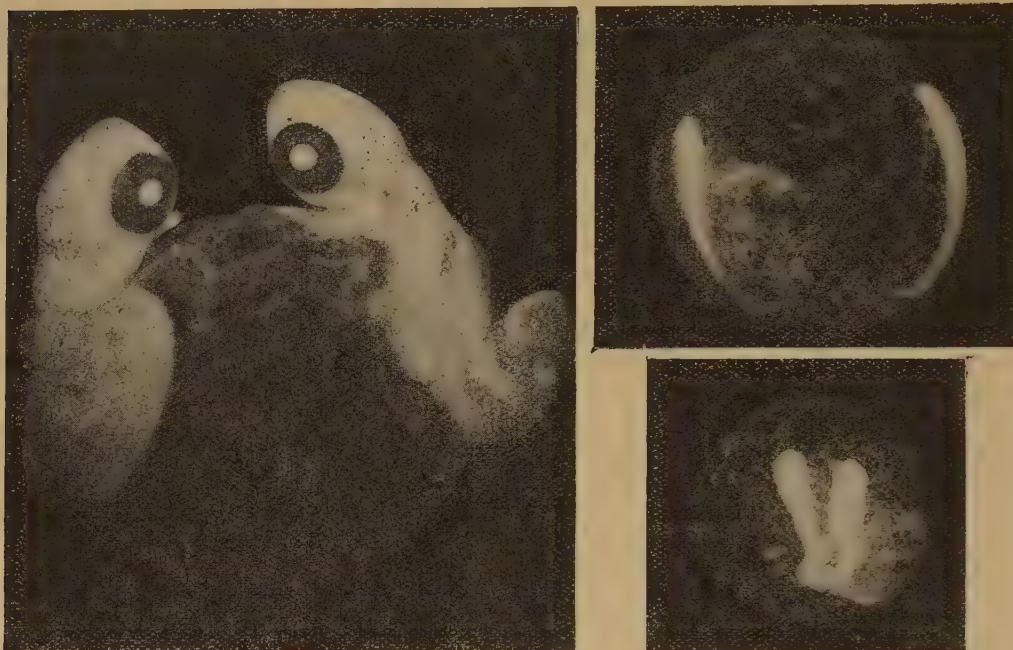
La mise en évidence des acides aminés s'avère beaucoup plus difficile
pour les animaux adaptés. Nous avons saigné des carpes vivant depuis
trois jours dans un milieu se congelant à $-0^{\circ},93$ après des passages suc-
cessifs dans des bains de concentrations croissantes, et des anguilles équi-

⁽²⁾ DRILHON et PORA, *Ann. Physiol.*, 12, 1936, n° 1, p. 139 à 168.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 113, 1932, p. 1854.

⁽⁴⁾ S. FIRLY, *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 952.

postérieurs. Quant aux 60 cas d'embryons simples, ils semblent être dus à une cicatrisation précoce de la lésion, suivie d'une régulation complète.



(a)

(b)

a. Embryons évolués opposés par la tête.

b. En haut : embryons opposés par la tête; en bas : embryons parallèles.

2. *Irradiations localisées.* — Cette technique correspond à celle préconisée par E. Wolff⁽³⁾.

Nombre d'œufs opérés.	Embryons			Monstres doubles		Embryons simples.
	vivants en fin d'exp.	tête à tête.	parallèles.	antérieurs.	postérieurs.	
50.....	43	9	8	4	4	18
	TOTAL.....			25		

Sur 43 œufs qui ont survécu jusqu'en fin d'expérience, nous distinguons 9 couples de jumeaux en position, tête contre tête et huit autres à axes parallèles; nous avons aussi relevé la formation de quatre monstres doubles antérieurs et quatre monstres doubles postérieurs. Dans 18 cas un seul embryon s'est développé.

Tous les témoins communs aux deux séries d'expériences (environ 1200) étaient normaux.

(³) ÉT. WOLFF, *Thèse*, 1936.

La distinction entre jumeaux à têtes opposées et jumeaux à axes parallèles semble être conventionnelle. Mais, si l'on considère les embryons sur la sphère ovulaire, on constate qu'ils peuvent être situés sur des méridiens rapprochés et dans ce cas les axes des embryons sont parallèles ; dans l'autre cas les deux embryons sont situés sur le même méridien (donc sur les moitiés opposées de la sphère ovulaire) et dans ce cas ils sont opposés par la tête.

On peut donc conclure que le blastoderme de poisson est un système à orientation déterminée ; l'axe céphalo-caudal correspond toujours à l'axe animal-végétatif. Il ressort en même temps de ces expériences que le blastoderme de *Salmo umbla* a des potentialités multiples.

Conclusion. — Si l'on fissure le blastoderme de l'œuf de *Salmo umbla* par un procédé microchirurgical, on obtient des formations doubles. Suivant la situation de ces embryons sur la sphère ovulaire, on est amené à distinguer des jumeaux à axes parallèles et des jumeaux opposés par la tête.

BIOLOGIE. — *Modification de la basophilie de la cellule hépatique chez la Lapine en gestation.* Note (*) de MM. JEAN CLAVERT et IVAN ASSENMACHER, présentée par M. Robert Courrier.

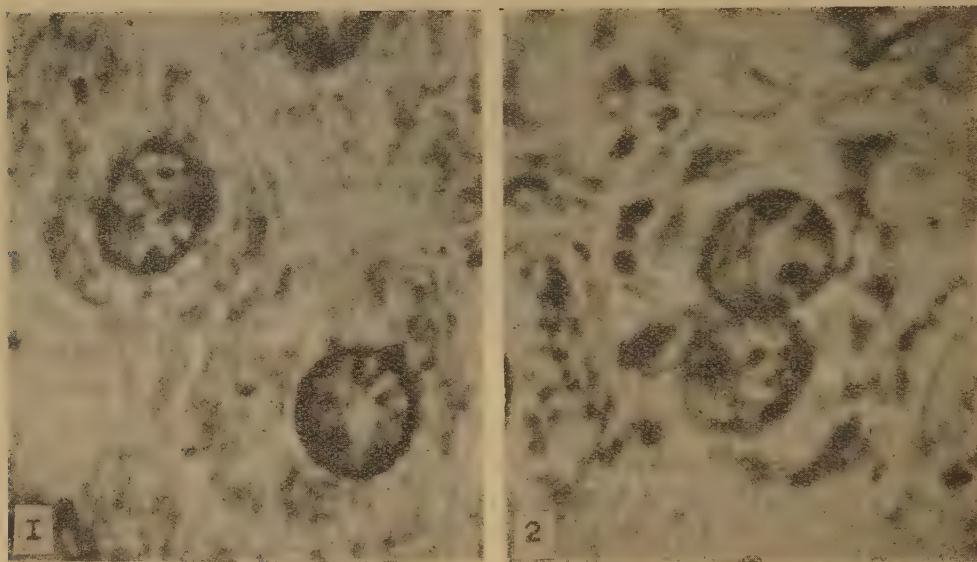
Au cours de la gestation, différentes modifications ont été signalées au niveau du foie. Bokelmann et Scheringer (1932) constatèrent une augmentation du poids du foie rapporté au poids du corps chez le Rat. Charrin et Guillemonat (1900) chez le Cobaye, le Lapin et le Rat, Ducommun-Lehmann (1951) chez le Cobaye, notèrent des modifications de la teneur du foie en glycogène ; Millot (1928), Roussel et Dufour-Deflandre (1931) chez les Ruminants et la Souris, Sivety (1873), Stieves et Kaps (1937) chez la Lapine, enregistrèrent des variations de la teneur du foie en lipides. Enfin Davidson et Waymouth (1944), Campbell et Kosterlitz (1949) mirent en évidence chez le Rat un accroissement du taux des acides nucléiques. Campbell et Kosterlitz, après avoir étudié le comportement de différents constituants de la cellule hépatique, insistèrent sur l'importance particulière de l'accroissement du taux des acides nucléiques des cellules hépatiques et sur la nécessité de la présence du placenta pour les transformations qu'ils ont rapportées. On sait, depuis les travaux de Caspersson et Schultz (1939), Davidson et Waymouth (1944) et Deane (1946) que les inclusions basophiles de la cellule hépatique sont constituées spécifiquement par des ribonucléoprotéines. L'appréciation de la basophilie de cette cellule revient donc à l'étude de sa teneur en acide ribonucléique.

Dans cette Note, nous nous proposons d'étudier les modifications de la basophilie de la cellule hépatique de la Lapine gestante. Nous avons utilisé,

(*) Séance du 19 novembre 1951.

pour nos expériences, 25 lapines adultes, d'un poids oscillant entre 2 250 et 3 950 g. Six d'entre elles servirent de témoins; les autres furent sacrifiées à des époques différentes de la gestation (de 6 à 29 jours), après 16 à 24 h de diète hydrique. A l'autopsie, les foies furent immédiatement prélevés, pesés et des échantillons furent fixés au Carnoy et colorés au bleu de toluidine.

Chez les témoins, toutes les cellules hépatiques renferment des inclusions basophiles, mais en quantité variable suivant leur situation dans le lobule, les cellules périphériques étant toujours plus riches que les cellules centrolobulaires. Ces inclusions se présentent sous forme de petits éléments fili-formes ou granulaires disséminés dans tout le cytoplasme (cf. *fig.*). La baso-



1. Cellules hépatiques d'une Lapine au repos sexuel.
2. Cellule hépatique d'une Lapine après 15 jours de gestation.

philie de la cellule s'accroît considérablement pendant la gestation. Le début de cet accroissement s'observe déjà dans la période qui précède la placentation ⁽¹⁾. Les filaments ou grains s'épaississent et confluent progressivement. Il se forme ainsi, dans la cellule hépatique, de grosses flaques basophiles très apparentes déjà vers le 15^e jour (cf. *fig.*). Ces transformations sont toujours plus importantes dans les zones périphériques et moyennes du lobule. Dans les derniers jours de la gestation, les flaques ont tendance à se disloquer à nouveau et la basophilie paraît s'atténuer.

(1) Pendant la gestation, nous avons également observé un accroissement du poids du foie rapporté au poids du corps; cette modification précède, elle aussi, la placentation.

Donc, durant la gestation, on observe une augmentation des plus nettes de la basophilie de la cellule hépatique. Cet accroissement de la basophilie correspond à une augmentation de la teneur du cytoplasme en acide ribonucléique. La placentation ne paraît pas être le seul facteur déterminant chez la Lapine l'accroissement de la basophilie, car celle-ci débute avant la placentation. De plus, il nous paraît important de signaler la similitude des modifications de la basophilie hépatique pendant la gestation chez la Lapine et la phase de grand accroissement des follicules chez les Oiseaux. Cette analogie de comportement laisse supposer des modifications endocriniennes apparentées dans ces deux cas.

BIOLOGIE. — *Influence des variations de salinité du milieu extérieur sur des Crustacés cavernicoles et épigés. I. Étude de l'intensité des échanges respiratoires.* Note de M^{lle} LOUISE DEROUET, présentée par M. Louis Fage.

Les espèces cavernicoles, qui résistent beaucoup mieux que l'espèce épigée à des augmentations importantes de salinité du milieu ambiant, présentent un accroissement de leur métabolisme respiratoire en fonction de l'accroissement de salinité, alors que l'espèce épigée dans les mêmes conditions manifeste un ralentissement de ce même métabolisme.

On admet généralement qu'un certain nombre d'espèces cavernicoles de Crustacés, surtout parmi les Isopodes, proviennent de l'installation d'anciens Crustacés marins dans les eaux souterraines. Il était donc intéressant de chercher si les Crustacés cavernicoles peuvent vivre en eau salée et de comparer les modifications éventuelles de leur métabolisme respiratoire dans ce milieu à celles d'espèces épigées voisines. Des expériences ont été faites d'une part sur *Cæcosphæroma virei* Dollfus et *Niphargus orcinus* Joseph cavernicoles et, d'autre part, sur *Gammarus pulex* L. épigé.

Les animaux, choisis de poids aussi voisin que possible (85-97 mg *Cæcosphæroma*; 120-183 mg *Niphargus* et *Gammarus*), sont placés dans des flacons bouchés à l'émeri. La durée de l'expérience est calculée afin que le pourcentage d'O₂ consommé ne dépasse jamais 10 % du volume initial d'O₂ dissous. L'intensité respiratoire (I. R.) est d'abord mesurée pour tous les lots dans leur milieu normal. Des expériences antérieures ⁽¹⁾ faites sur *Niphargus* et *Gammarus* ont mis en évidence la grande différence d'intensité des échanges respiratoires des cavernicoles et des épigés. Certains des lots sont ensuite placés dans des mélanges renfermant de l'eau de mer en proportion croissante; les témoins respirent toujours

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1054.

dans leur milieu normal et les variations observées dans le temps ne dépassent jamais 5 %. Les I. R. exprimées en grammes d'O₂ par heure et par grammes d'animal sont mesurées soit par la technique de Nicloux ⁽²⁾, soit par celle de Fox ⁽³⁾. Le tableau ci-dessous rassemble certains des résultats obtenus.

Milieu d'eau de mer (%).	I. R. initiale.	I. R. après séjour dans les milieux.			
		24 h.	48 h.	7 j.	15 j.
<i>Niphargus</i> :					
25.....	0,0213	0,0235	0,0204	0,0204	0,0206
50.....	0,0215	0,0325	0,0435	0,0274	+
<i>Cæcosphæroma</i> :					
25.....	0,00854	0,00852	—	0,00906	0,00856
33.....	0,00710	0,0113	—	0,00715	—
50.....	0,00550	0,0112	—	0,0103	0,0083
<i>Gammarus</i> :					
25.....	0,242	0,217	0,224	0,212	+
33.....	0,381	0,295	0,174	0,170	+
50.....	0,240	0,149	0,139	+	—

Chez les cavernivoles, aucune modification sensible de l'I. R. n'est observée pour des mélanges contenant 1/6 ou 1/5 d'eau de mer. Mais alors que l'I. R. s'élève chez *Niphargus* placé dans un mélange à 25 % d'eau de mer, il n'y a d'élévation sensible chez *Cæcosphæroma* que dans un mélange à 33 % d'eau de mer. Chez les deux espèces, l'accroissement du métabolisme respiratoire est plus important et plus durable dans des mélanges à 50 % d'eau de mer. Lorsque le séjour dans le nouveau milieu se prolonge, il semble se faire chez les cavernicoles une régulation du métabolisme respiratoire dont les valeurs se rapprochent de celles trouvées initialement d'autant plus rapidement que la concentration saline est plus voisine du seuil d'action.

Alors que *Niphargus* ne résiste pas plus de 24 h dans un milieu renfermant 60 % d'eau de mer, à 15°, des lots de *Cæcosphæroma*, qui ont séjourné au préalable 24 h dans un milieu à 60 % d'eau de mer, vivent 15 jours en eau de mer pure. S'ils sont transportés directement de l'eau douce en eau de mer, ils survivent 5 à 8 jours, mais sans manifester d'activité.

Chez l'espèce épigée *Gammarus*, l'I. R. diminue de façon sensiblement progressive quand la salinité augmente à partir d'un mélange d'environ 20 % d'eau de mer. Dans un milieu à 33 % d'eau de mer la résistance est déjà faible

(2) *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 12, 1930, p. 1326-1337.

(3) *J. exp. Biol.*, 15, 1938, p. 437-445.

et la mort survient en quelques jours pour un mélange à 50 % d'eau de mer, en quelques heures pour l'eau de mer pure.

Notons qu'une espèce marine, *Sphæroma serratum*, voit son I. R. s'abaisser lorsque, au contraire, on diminue le taux de salinité de l'eau. Pour une concentration de 33 % d'eau de mer, l'abaissement est de 30 à 40 %.

En conclusion, les espèces cavernicoles étudiées apparaissent plus résistantes que l'espèce épigée à un accroissement de salinité, cette résistance étant particulièrement importante pour *Cæcosphæroma*. Elles présentent une phase d'activation de leurs échanges respiratoires à partir d'une valeur seuil de l'accroissement de salinité, alors que l'espèce épigée subit un ralentissement constant de son I. R.

BIOLOGIE APPLIQUÉE. — *Nouvelle méthode pour obtenir et conserver des poudres d'organe, destinées à la thérapeutique, par l'emploi des basses températures, de la dessiccation et du vide.* Note de M. HENRI S. TIVAL, présentée par M. Paul Becquerel.

Cette méthode consiste à soumettre les organes à l'action d'un froid profond, suffisamment intense et rapide, pour arrêter subitement toute activité catalytique et biologique.

La technique de préparation, appliquant les propriétés inhibitrices du froid, se caractérise en ce que l'organe prélevé sur l'animal aussitôt après l'abatage est soumis, sans délai, à une congélation brusque et profonde par l'action brutale de l'air liquide. La congélation immédiate et soudaine est nécessaire avant qu'aucun phénomène d'altération « *post-mortem* » puisse se produire. Elle a pour effet de saisir, de fixer, de stabiliser les constituants actifs dans leur association et état naturels et enfin de conférer à la matière l'état de dureté propice à sa pulvérisation.

Les organes solidifiés sont pulvérisés finement à une température comprise entre -80 et -100°C dans des broyeurs énergiquement réfrigérés. On obtient une poudre très ténue et très mobile où chaque particule conserve son individualité : l'état divisé étant indispensable pour avoir une dessiccation rapide.

Les poudres glacées sont desséchées sous un vide profond, dans une ambiance de température invariable de -22°C qui est la température constante de cette opération.

Suivant une caractéristique importante du procédé, on obtient une évaporation accélérée et, ce qui est vraiment remarquable, une dessiccation quasi complète en ajoutant à la poudre, toujours à température basse, une substance neutre adsorbant la vapeur d'eau par affinité physique. Cette substance adsorbante est le « Silicagel » granulé, les dimensions des

grains étant nettement supérieures à celles des particules de la poudre. Le mélange est versé, sans aucune manutention et en bloc, dans un tambour rotatif placé concentriquement à l'intérieur de l'étuve. La dessiccation se produit rapidement et complètement dans des conditions impossibles à réaliser autrement, car dans le mélange homogène, au sein de la masse, chaque grain de Silicagel crée un espace libre d'évaporation; il s'ensuit que les vapeurs sont adsorbées et condensées au fur et à mesure et au lieu même de leur formation.

Les poudres sont ramenées à la température du laboratoire, après dessiccation complète seulement, puis séparées du Silicagel par tamisage et enfin stockées immédiatement en flacons étanches, sous atmosphère inerte, à l'abri de la lumière et en chambre froide.

Avec cette technique scrupuleusement appliquée, on obtiendra des poudres d'organe conservant longtemps leurs propriétés chimiques, susceptibles de servir aux travaux des biochimistes ou aux applications que la thérapeutique découvrira.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Structure des protéines et action de l'arginase sur les produits de leur hydrolyse partielle.* Note (*) de MM. **JEAN ROCHE**, **MARCEL MOURGUE** et **RAYMOND BARET**, présentée par M. Maurice Javillier.

La mise en liberté de l'arginine au cours de l'hydrolyse des protéines a été étudiée (¹) dans le but de rechercher si les divers restes de cet acide aminé sont ou non engagés dans des combinaisons d'un même type. Nous nous sommes proposé de mettre en évidence grâce à elle des différences dans la structure de diverses protéines.

Des protéines de teneurs différentes en arginine (édestine 16,7 %, ovalbumine 5,8 %, thymohistone 13,5 %, thyroglobuline 12,4 %, salmine 89,7 %) ont été soumises à l'action de l'acide chlorhydrique (bain de paraffine à 120°) et l'arginine libre a été dosée à des temps successifs de leur hydrolyse. Cette dernière a été opérée aux concentrations 5N et 6N en HCl et son évolution a été suivie par dosage de l'azote aminé (van Slyke). L'arginine a été dosée par la méthode à l'arginase (technique de Cahn et Bonot modifiée), enzyme considéré comme spécifique de l'acide aminé libre dans les hydrolysats partiels des protéines (¹).

La comparaison des résultats peut être réalisée à partir des données déter-

(*) Séance du 14 janvier 1952.

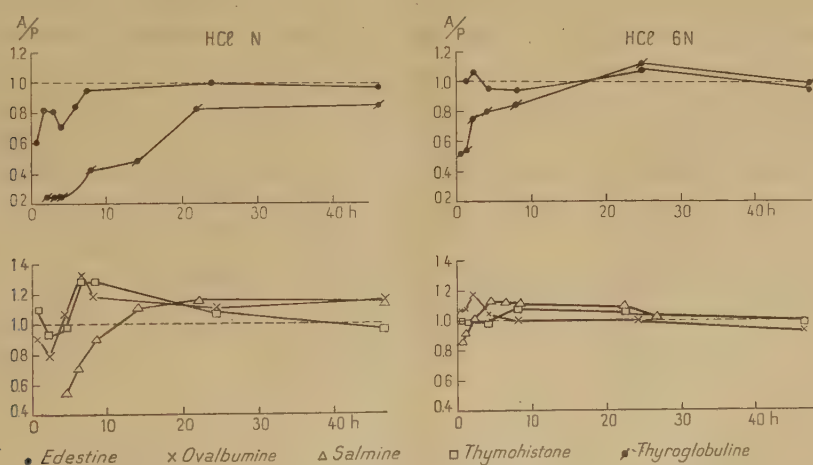
(¹) J.-A. DAUPHINÉE et A. HUNTER, *Biochem. J.*, **24**, 1930, p. 1128; S. KAMIYA, *J. Biochem.*, **22**, 1935, p. 263; I. KRAUSRAGINS, *J. Biol. Chem.*, **138**, 1938, p. 761; F. LIEBEN et H. LIEBER, *Biochem. Z.*, **275**, 1934, p. 38; R.-A. PORTIS et K.-I. ALTMAN, *J. Biol. Chem.*, **169**, 1947, p. 203.

minées à chacun des temps successifs de l'hydrolyse, dont une partie figure, à titre d'exemple, dans le tableau.

Pourcentage des liaisons peptidiques totales rompues et de l'arginine totale libérée au cours de l'hydrolyse de diverses protéines par l'acide chlorhydrique N.

Temps d'hydrolyse (heures).	Pourcentage des liaisons peptidiques totales rompues.		
	Édestine.	Thymohistone.	Thyroglobuline.
1.....	26,7	23,1	—
2.....	29,7	36,5	28,0
3.....	39,6	—	32,1
4.....	45,5	43,2	36,0
6.....	55,3	45,3	45,5
8.....	56,6	48,7	48,6
22-24.....	64,2	78,1	72,6
46.....	80,8	82,6	82,2

Elle est plus objective encore à partir des variations du rapport : pourcentage de l'arginine totale libérée/pourcentage des liaisons peptidiques totales rompues (en abrégé A/P) (*figure*).



Variations du rapport : pourcentage de l'arginine totale libérée/pourcentage des liaisons peptidiques totales rompues (A/P), à des temps successifs de l'hydrolyse de diverses protéines par l'acide chlorhydrique N et 6 N. *Abscisses* : temps d'hydrolyse en heures. *Ordonnées* : rapport A/P,

Les faits suivants se dégagent de nos observations :

1° La libération de l'arginine par hydrolyse acide des protéines présente des caractères particuliers à chacune de celles-ci. La thyroglobuline et, à un degré moindre, l'édestine se distinguent des autres produits étudiés par la stabilité beaucoup plus grande des liaisons peptidiques auxquelles participe l'arginine. Cet acide aminé est, par contre, très labile dans la thymohistone et l'ovalbumine. Les résultats avec la salmine ne sauraient être aussi simplement

interprétés, en raison de la nature des peptides auxquels l'hydrolyse de cette protéine est susceptible de donner naissance.

2° L'acide chlorhydrique présente une spécificité d'action beaucoup plus grande à concentration N qu'à 6 N, en ce qui concerne l'hydrolyse de certaines liaisons peptidiques des protéines. La stabilité de celles comprenant un reste d'arginine dans la thyroglobuline et l'édestine et, par ailleurs, leur labilité dans les autres protéines se manifestent en effet beaucoup plus sélectivement dans le premier cas (*figure*).

Conclusions. — La cinétique de la libération de l'arginine au cours de l'hydrolyse acide des protéines permet de caractériser certaines de celles-ci. La thyroglobuline se distingue des autres protéines étudiées par une extrême stabilité des liaisons peptidiques auxquelles participe l'arginine, et la thymohistone par la labilité d'une partie de celles-ci. L'hydrolyse ménagée de ces deux protéines, de teneur en arginine voisine, permet donc de mettre en évidence une différence dans leur constitution pouvant reposer, en partie, sur la diversité de facteurs structuraux exerçant une influence sur la stabilité des liaisons de l'arginine et, en partie, sur la nature de celles-ci.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de substances inhibitrices de la fermentation par Botrytis cinerea*. Note de MM. JEAN RIBÉREAU-GAYON, ÉMILE PEYNAUD et M^{lle} SUZANNE LAFOURCADE, présentée par M. Maurice Javillier.

1. Il a été montré dans une Note précédente (¹), que les diverses souches de *Botrytis cinerea* (à l'exception de *Botrytis cinerea lini* v. Beyma) possèdent à un haut degré le pouvoir de former un ou plusieurs antibiotiques des levures alcooliques. Ces substances, solubles dans l'eau, diffusent dans le moût à la surface duquel le *Botrytis* est cultivé et sont facilement extractibles du mycélium grossièrement broyé, par macération dans l'eau, plus rapidement dans l'eau chaude. Elles sont précipitables intégralement des solutions aqueuses par l'alcool fort.

Voici un exemple de la fermentation dans des conditions identiques, d'un même jus de raisin (217 g de sucre par litre) : 1° sans addition; 2° additionné d'un flocculat alcoolique de moût pourri; 3° additionné d'un flocculat alcoolique d'extrait aqueux de mycélium :

	1.	2.	3.
Grammes de sucre fermentés en :			
3 jours.....	43	0	6
5 »	170	42	62
9 »	215	124	142
15 »	215	204	206
Population finale en levures en milliers par millimètre cube...	92	46	54

(¹) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 251.

2. Dans des cultures de *Botrytis cinerea* sur moût de raisin, la présence d'inhibiteurs peut être mise en évidence dans le moût dès que la surface est recouverte du mycélium. Le pouvoir antibiotique du moût s'accroît par la suite et son maximum coïncide avec l'apparition des conidies, tandis que les substances inhibitrices du mycélium augmentent avec le poids de celui-ci.

Lorsqu'on compare des cultures sur moût de raisin et sur moût de bière, le pouvoir antibiotique apparaît plus vite sur ce dernier parce que le développement y est plus rapide, mais le pouvoir maximum est le même dans les deux cas.

3. Un chauffage de quelques minutes à 100°, soit du floculat lui-même, soit de sa solution dans l'eau ou dans le moût de raisin, augmente nettement l'effet inhibiteur sur la fermentation. Ce chauffage détruit les oxydases qui semblent gêner l'action antibiotique. Ce corps résiste donc quelques minutes à la température de 100°.

Par contre, le chauffage à 120° le détruit en grande partie en 15 mn et complètement en une heure. Le passage à l'autoclave du moût pourri rend sa fermentation beaucoup plus active, sans lui redonner toutefois la fermentescibilité du moût sain.

4. Le traitement à l'aide de charbon activé du moût pourri ou enrichi en antibiotique, suivi d'une filtration ou d'une centrifugation, accélère également la fermentation et augmente la multiplication des levures (de 38 % dans un cas). Le charbon adsorbe les substances inhibitrices, mais incomplètement : le moût ne retrouve pas entièrement sa vitesse de fermentation initiale et son pouvoir nutritif pour les levures.

5. Alors que l'introduction dans un moût de raisin sain de 50 mg : l d'anhydride sulfureux, précédant l'ensemencement, ne modifie pas la vitesse de la fermentation et diminue à peine le nombre des levures, cette même addition à un moût pourri ou additionné d'antibiotique, facilite nettement sa fermentation. Parallèlement, la population des levures est augmentée de 25 % et, pour une addition de 100 mg d'anhydride sulfureux, de 30 %.

Cette propriété de l'acide sulfureux a comme conséquence pratique qu'un moût provenant de raisins pourris peut fermenter plus facilement après un léger sulfitage.

6. L'évolution du potentiel d'oxydoréduction au cours de la fermentation alcoolique, est, toutes autres conditions égales, très différente dans le moût de raisin sain et dans le moût pourri : dans ce dernier la fermentation se poursuit à un niveau d'oxydoréduction beaucoup plus élevé (potentiel limite : 0,216 V à pH 3,5), que dans le moût témoin (0,106 V à pH 3,5).

Parallèlement l'acide acétique formé au cours de la fermentation est toujours plus abondant dans le moût pourri ou dans le moût ayant reçu du floculat de moût pourri : 15 méquiv : l, au lieu de 7,5 par exemple. Ce phénomène d'ailleurs est en rapport avec la présence d'oxydases et indépendant de celle

d'antibiotiques; en effet, le chauffage à 100° du moût, qui ne détruit pas l'inhibition, conduit à un taux d'acide acétique plus faible.

7. Ces observations et notamment la floculation par l'alcool et les actions destructrices du chauffage à 120° et de l'acide sulfureux, permettraient de penser que l'activité antibiotique du *Botrytis cinerea* sur la levure est due à une protéine ou un polypeptide ayant le caractère d'un ferment, point que les recherches en cours élucideront. Il mérite d'être souligné, en outre, que d'une part, jusqu'à maintenant, les *Botrytis* ont peu servi comme matériel dans la recherche des antibiotiques, et que d'autre part, des antibiotiques de fermentation ont rarement été signalés. En effet, les levures, cellules volumineuses et riches en enzymes, résistent particulièrement bien à tous les antibiotiques connus, qui sont pratiquement sans effet sur la fermentation alcoolique.

BACTÉRIOLOGIE. — *Présence dans les eaux sulfureuses françaises de bactéries réductrices de sulfate et d'une variété protéolytique d'Actinobacterium israëli*: *A. israëli* var. *liquefaciens* (nov. sp.). Note de MM. HENRI BEERENS et NIELS HVID-HANSEN, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude de la flore des eaux sulfureuses a mis en évidence des bactéries anaérobies réductrices des sulfates : *Desulphovibrio*, *Desulphoristella hydrocarbonoblastica* (nov. sp.) (Hvid-Hansen), et des Actinomyces anaérobies : *Actinobacterium israëli* var. *liquefaciens* (nov. sp.). La formation de l'SH₂ se trouve expliquée par la réduction microbienne des sulfates par ces anaérobies. Le rôle de l'actinomyces reste indéterminé.

L'un de nous ⁽¹⁾ a récemment signalé la présence, dans les eaux sulfureuses danoises, de bactéries réductrices de sulfate et d'Actinomyces anaérobies. Utilisant les mêmes techniques, nous avons retrouvé des espèces microbiennes identiques dans certaines eaux sulfureuses françaises. Elles proviennent des stations thermales de Saint-Amand (Nord), d'Enghien (Seine-et-Oise), de Saint-Honoré (Nièvre) et d'Uriage (Isère). Toutes contiennent des quantités plus ou moins abondantes d'hydrogène sulfuré, et permettent le développement d'algues sulfuraires. Lesensemencements ont toujours été pratiqués au griffon des sources. Deux milieux ont été utilisés : l'un synthétique autotrophe gélosé décrit par Butlin et coll. ⁽²⁾, modifié par Hvid (milieu B), pour la mise en évidence des bactéries réductrices de sulfate; l'autre, pour les Actinomyces, est hétérotrophe : il s'agit du « Fluid thioglycollate medium » (Difco), rendu solide par addition de 15 g d'agar Difco par litre. Cinq tubes contenant 10 cm³ de ces milieux ont été

⁽¹⁾ N. HVID-HANSEN, *Acta path. et microb. scand.*, 29, 1951, p. 314.

⁽²⁾ K. R. BUTLIN, M. E. ADAMS et M. THOMAS, *J. Gen. Microbiol.*, 3, 1949, p. 46.

inoculés chacun avec 10 cm³ d'eau; les milieux autotrophes ont été incubés à 30° C, les milieux hétérotrophes à 37° C.

Dans ces conditions, nous avons observé :

1° Sur les milieux autotrophes, l'apparition en 4 à 5 jours de colonies noires en nombre variable suivant les eaux des différentes sources : 50 à 60 pour celles d'Enghien, 30 à 40 pour celles d'Uriage et Saint-Honoré. L'examen microscopique des colonies, toutes anaérobies strictes, révèle, soit des bactéries immobiles, non sporulées, à Gram négatif, souvent disposées par paires : *Desulphoristella hydrocarbonoblastica* nov. sp. (Hvid-Hansen) (Enghien, Saint-Honoré, Uriage), soit de fins bacilles de 7 à 10 μ , à Gram négatif, d'espèce indéterminée (Enghien), soit des bactéries possédant la morphologie des vibrions du type *Desulphovibrio* (Enghien). Il nous a été impossible de trouver des bactéries réduisant les sulfates dans les eaux de Saint-Amand.

2° Sur milieux hétérotrophes, des colonies au nombre de 8 à 10 par tube apparaissent en deux ou trois jours, augmentant de dimension les jours suivants pour présenter un aspect bourgeonnant. Nous les avons isolées dans les eaux de Saint-Amand et d'Uriage. La présence de bactéries étrangères aérobies ou anaérobies, fortement gazogènes et à culture rapide dans les eaux de Saint-Honoré et d'Enghien ne nous ont pas permis d'y observer ces colonies dont le développement est relativement lent. L'examen microscopique met en évidence des bactéries non sporulées à Gram positif, ramifiées ou non. Les caractères physiologiques et biochimiques, rigoureusement identiques à ceux des souches isolées au Danemark, sont les suivants : non gazogènes, possédant une catalase, liquéfiant la gélatine, coagulant le lait en 24 à 48 h, puis le peptonisant, réduisant les nitrates, ne produisant pas d'acétoïne, appartenant au type fermentaire propiono formo lactique, hémolytiques, glucidolytiques, productrices d'SH₂, faiblement indologènes. Ces germes sont agglutinés aux taux de 1 pour 2560 à 1 pour 5000 par des sérums préparés avec des *Actinobacterium* anaérobies du type *A. israeli* isolés d'actinomycose humaine (taux d'agglutination du sérum pour les germes d'origine humaine = 1/10 000). Ils ne sont pas pathogènes pour le Lapin, le Cobaye, la Souris et le Hamster. Il s'agit d'une variété protéolytique d'*Actinobacterium israeli* pour laquelle nous proposons le nom d'*Actinobacterium israeli* variété liquefaciens.

Discussion et conclusions. — Nous avons mis en évidence, dans les eaux sulfureuses, des anaérobies strictes, bactéries réductrices des sulfates : *Desulphovibrio*; *Desulphoristella hydrocarbonoblastica* (nov. sp.); des Actinomyces : *Actinobacterium israeli* var. liquefaciens (nov. sp.), qui, à notre connaissance, n'avaient pas été décrites jusqu'ici dans ces eaux.

Il est à remarquer que l'eau d'Enghien, la plus riche en sulfure (0,011 ‰), contient le plus grand nombre de germes réducteurs de sulfates; dans celle

de Saint-Amand, renfermant très peu d' SH_2 , nous ne les avons pas mis en évidence. La formation de SH_2 semble donc liée à la présence de ces bactéries. Il est difficile, pour le moment, d'expliquer leur présence et de leur attribuer un rôle dans les processus biologiques de la nature. L'un de nous a formulé, par ailleurs ⁽¹⁾, l'hypothèse que la production d'hydrogène sulfuré par ces bactéries serait peut-être liée à la formation du pétrole.

SÉROLOGIE. — *Action de l'hyaluronidase sur la valeur curative du sérum anti-venimeux*. Note de MM. **PAUL BOQUET**, **ALAIN BUSSARD** et M^{me} **YVONNE IZARD**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'injection intraveineuse de sérum antivenimeux, aussitôt après une morsure de serpent, a pour effet d'amener rapidement les anticorps neutralisants au contact du venin qui diffuse, des tissus où il a été introduit, vers les régions voisines et les organes profonds. Elle serait le traitement de choix de l'envenimation si elle ne présentait pas des inconvénients qui limitent son emploi. En raison du danger qu'elle constitue pour les sujets hypersensibles aux protéines sériques étrangères et des difficultés d'ordre pratique qu'elle soulève, on préfère lui substituer l'injection sous-cutanée.

C'est par cette méthode que sont traitées, selon H. Marquart ⁽¹⁾, 9 sur 10 des victimes de vipères en Scandinavie. Mais, les antitoxines injectées sous la peau se résorbent lentement; nous avons tenté de remédier à ce défaut en associant un facteur de diffusion au sérum antivenimeux : l'hyaluronidase.

L'enzyme que nous employons est extrait des testicules de taureau suivant la technique de H. Tint et R. Bogash ⁽²⁾. Dans les conditions définies par O. Hechter ⁽³⁾, il faut injecter dans la peau du Lapin 1 mg de cet enzyme pour observer une diffusion égale à celle produite par 0,1 mg d'une hyaluronidase, dont le titre est de 1 300 T. R. U. (unités de réduction de la turbidité *in vitro*) par milligramme.

Cent cinquante cobayes, mâles et femelles, dont le poids varie entre 350 et 400 g, sont groupés par lots de dix.

Les cobayes des six premiers lots reçoivent sous la peau de la cuisse droite, les uns une injection de 0,2 cm³, les autres une injection de 0,3 cm³ d'une solution à un pour mille de venin de Cobra (*Naja tripudians*), soit 2 à 3 doses mortelles. Trente et quarante cinq minutes plus tard, on leur injecte, sous la peau de l'abdomen, un mélange de 0,5 cm³ (cobaye du 1^{er} lot) ou de 0,75 cm³ (cobayes des 2, 3, 4, 5 et 6^e lots) de sérum anti-venimeux (antivenin de Cobra) et d'un égal volume de solution saline physiologique.

⁽¹⁾ *Rev. Immunologie*, 15, 1951, p. 262.

⁽²⁾ *J. Biological Chem.*, 184, 1950, p. 501.

⁽³⁾ *Ann. New-York Ac. Sci.*, 52, 1950, p. 1028.

Les cobayes des six lots suivants sont éprouvés dans les mêmes conditions, mais, à chaque dose de sérum, on ajoute 200 μ g d'hyaluronidase.

Enfin, les cobayes des trois derniers lots sont conservés comme témoins. On leur injecte le venin seul ou le venin et l'hyaluronidase séparément.

Les résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous :

N° de l'expérience.	N° des lots de cobayes.	Dose de venin (mg).	Dose de sérum anti-venimeux (cm ³).	Dose d'hyaluronidase (mg).	Intervalle entre l'injection de venin et celle de sérum. (mn).	% des survivants.
1.....	1	0,2	0,75	—	30	70
2.....	2 + 3	0,3	0,75	—	30	50
3.....	4	0,3	0,50	—	30	40
4.....	5 + 6	0,3	0,75	—	45	20
1.....	7	0,2	0,75	0,2	30	100
2.....	8 + 9	0,3	0,75	0,2	30	85
3.....	10	0,3	0,50	0,2	30	70
4.....	10 + 12	0,3	0,75	0,2	45	60
Témoins.....	13	0,3	—	0,2	45	0
	14 + 15	0,2	—	—	—	0
		0,3	—	—	—	0

Si l'on admet que l'activité préventive et curative d'un sérum antivenimeux est sous la dépendance de deux groupes de facteurs définis par :

1° le rapport de la quantité de venin introduit sous la peau à la quantité de sérum injecté;

2° le rapport des vitesses de diffusion respectives du poison et des anticorps neutralisants;

les résultats de nos expériences conduisent à penser que l'hyaluronidase modifie ces derniers facteurs, en augmentant la diffusion du sérum antivenimeux.

IMMUNOLOGIE. — *D'un phénomène observé au cours du transfert local de l'allergie à la mélitine.* Note de MM. **LOUIS CARRÈRE** et **HENRI QUATREFAGES**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dès 1948 nous avons entrepris des essais de transfert de l'allergie par broyats d'organes prélevés sur cobayes brucellisés, et observé qu'une réaction allergique pouvait être provoquée chez un cobaye neuf par injection intra-dermique d'un mélange de broyats d'organes et de mélitine.

Par des expériences, répétées récemment, suivant un protocole comportant de nombreux témoins, nous avons pu préciser quelques conditions de transfert de l'allergie à la mélitine.

Sans vouloir élucider son mécanisme, nous décrirons, dès maintenant, un phénomène constaté au cours de nos expériences.

Si l'on injecte, dans le derme de la peau abdominale, largement rasée, d'un *cobaye neuf*, latéralement, de part et d'autre de la ligne médiane, des broyats d'organes de *cobaye brucellisé* mélangés, parties égales, à de la mélitine après contact de plus de deux heures à 37°, on remarque, au bout de 3 ou 4 h, sur la ligne médiane, une infiltration œdémateuse formant bourrelet; peu à peu, le derme, soulevé par un exsudat, présente un aspect momifié; 24 à 48 h plus tard, la réaction atteint son maximum; cependant au point d'injection et sur la large surface séparant celui-ci de la zone médiane, aucune modification autre que la trace d'entrée de l'aiguille, n'est décelable.

Par ponction, on obtient un liquide clair, citrin, qui injecté dans le derme d'un *cobaye neuf* ou d'un *cobaye brucellisé* reproduit, au point d'injection, l'aspect classique d'une intra-dermo réaction positive à la mélitine.

Les mêmes résultats sont obtenus, dans les mêmes conditions, avec des mélanges de broyats d'organes de *cobaye neuf* et de mélitine, injectés à des cobayes ne réagissant pas à la mélitine, ayant reçu, dans le derme, une vingtaine de jours auparavant, des broyats d'organes de *cobaye brucellisé*.

Ces résultats ne sont pas obtenus avec des mélanges de broyats d'organes de *cobaye neuf* et de mélitine injectés à des cobayes neufs.

Selon nos observations, tout se passe comme si des « substances » diffusaient des points d'injection, sans modifier apparemment les tissus traversés, vers la ligne médiane et, s'y rejoignant, y produiraient les réactions tissulaires décrites provoquant, en particulier, l'exsudation d'un liquide, lui-même doué, pour un *cobaye neuf*, comme pour un *cobaye brucellisé*, de propriétés allergiques.

IMMUNOLOGIE. — *Essais d'obtention chez la Chèvre d'un sérum contre la maladie de Newcastle*. Note de MM. LOUIS PLACIDI, JACQUES SANTUCCI et JEAN VERGE, présentée par M. Gaston Ramon.

L'obtention d'un sérum destiné à combattre la maladie de Newcastle, soit à titre préventif, soit à titre curatif, a suscité de nombreuses recherches. Certains auteurs se sont adressés à diverses espèces d'oiseaux : Poule (Ostertag et Bucee, Jouan et Staub, Cooper); Canard (Doyle); Oie (Kraus et Doerr); Dindon (Picard, Lucam, Schneider); Pigeon (Maue), etc.

D'autres auteurs ont proposé différentes espèces de mammifères : Cheval (Spalatin, Mitchell et Walker); Porc (Spalatin, Hegydi); Mouton, Chèvre, etc.

Nous nous sommes efforcés, à notre tour, d'hyper-immuniser la Chèvre

au moyen du virus de Newcastle et nous avons essayé de préparer ainsi un sérum efficace, malgré la réserve dont témoigne en cette matière Schneider lorsqu'il écrit : « un sérum actif ne saurait être réalisé que par hyperimmunisation des organismes sensibles ».

Nous avons utilisé une souche isolée au Maroc sur embryon de poulet à partir d'un broyat de rate d'une poule naturellement infectée. Ce virus, inoculé dans le sac allantoïdien de l'embryon le 10^e jour de l'incubation, tue celui-ci entre 48 et 72 h à la dose de 1/10 de centimètre cube d'une dilution atteignant 10⁻⁶.

Ce virus de passage (liquide allantoïque) s'est montré virulent pour quatre poules neuves. Inoculées à la dose de 1 cm³ dans le muscle pectoral, elles succombent entre 6 et 7 jours avec les symptômes et les lésions classiques de la maladie.

Après broyage avec des billes de verre, le matériel virulent est centrifugé 15 mn à 6 000 tours. Le liquide surnageant est dilué en eau physiologique tamponnée à pH 7,1-7,2.

La première inoculation a été pratiquée dans la veine saphène de la chèvre avec 5 cm³ de liquide virulent dilué dans 50 cm³ d'eau physiologique tamponnée; 22 jours après, l'animal reçoit par voie sous-cutanée 10 cm³ de liquide virulent dans 100 cm³ d'eau physiologique; 15 jours après cette deuxième injection, une nouvelle recharge est opérée par inoculation sous la peau de 15 cm³ de matériel virulent, dilué dans 100 cm³ d'eau physiologique. Un mois après cette dernière opération, l'animal est saigné et le sérum recueilli pour l'épreuve.

A. *Essai in vitro*. — Le pouvoir inhibiteur de l'immun-sérum sur l'hémagglutination (épreuve de Hirst) ne peut pas être considéré comme un test valable; nos recherches nous ont montré en effet que le sérum normal de chèvre possède dans une forte proportion la faculté d'agglutiner les globules de poules (¹).

B. *Essai in vivo*. — Quatre poules neuves reçoivent sous la peau 1 cm³ et 2 cm³ par tête de cet immun-sérum de chèvre; 24 h après, elles sont inoculées au moyen d'une dose mortelle de virus de Newcastle, en même temps que deux témoins. Les témoins meurent en 6 jours. On observe un léger retard pour les sérumisées qui meurent en 8 et 10 jours.

Inoculé à 18 sujets spontanément infectés lors de périodes diverses de l'évolution de la maladie, le sérum ne montre aucun pouvoir curatif.

Quatre lots de cinq poules, dont un réservé comme témoin, reçoivent du sérum normal de chèvre, du sérum normal de cheval et du sérum préparé. Tous les sujets sont ensuite éprouvés par l'inoculation d'une dose viru-

(¹) Nous poursuivons en ce moment des recherches sur le pouvoir agglutinant des divers sérums vis-à-vis des globules d'espèces variées.

lente de virus de passage. Deux seulement survivent, l'un traité avec le sérum normal de cheval, l'autre avec l'immun-sérum de chèvre.

Nous avons essayé de mettre en évidence le virus dans l'organisme de la Chèvre. A cet effet nous avons prélevé du sang total à l'animal infecté et l'avons inoculé dans les muscles pectoraux de volailles neuves. Ces prélèvements ont été faits 8 h, 24 h et 4 jours après chacune des injections de virus.

Les poules neuves, inoculées aux doses de 5 cm³ dans les muscles, sont restées complètement indifférentes.

Conclusions. — Ces essais, tentés après différents auteurs pour obtenir chez la Chèvre un sérum actif contre le virus de Newcastle, sont demeurés infructueux. Ces échecs mettent une nouvelle fois en lumière les nombreuses difficultés qui régissent l'obtention d'un immun-sérum spécifique véritablement efficace dans les affections à ultra-virus.

MÉDECINE. — *Étude des modifications électroencéphalographiques provoquées par l'injection intraveineuse de novocaïne dans les traumatismes crâniens graves.*

Note de MM. **PIERRE WERTHEIMER**, **JEAN COURJON** et **GEORGES ALLEGRE**, présentée par M. René Leriche.

Depuis plus de deux ans, nous nous sommes efforcés à chercher dans l'électroencéphalographie une méthode propre à pallier les insuffisances des moyens cliniques dans l'appréciation pronostique des traumatismes crâniens graves.

De cette gravité, il est encore difficile de fournir une interprétation précise. Tout à tour ont été invoqués l'œdème cérébral, cellulaire et interstitiel, les variations de l'équilibre liquidien, la paralysie vasomotrice, l'atteinte élective des formations basales. Il était naturel d'espérer que l'électroencéphalographie dont Puech et Fischgold avaient déjà sollicité les informations, fournirait une documentation précieuse. Sur le plan expérimental, Earl Walker, Lorente de No, Ranson, Dusserre de Barenne, Moruzzi avaient montré qu'aux perturbations électriques du fonctionnement central correspondaient les signes cliniques de gravité des traumatismes cérébraux. La neurophysiologie enregistre habituellement une augmentation de l'amplitude, un ralentissement de la fréquence, le caractère intermittent ou l'absence de rythme de base et interprète ces témoignages comme la traduction d'un phénomène de facilitation de fonctionnement neuronal. Les impulsions passeraient dans des « circuits en écho » du fait de la diminution du seuil d'excitation neuronale du cortex et des formations sous-corticales.

Dans nos recherches cliniques qui ont porté sur 78 traumatisés crâniens récents, considérés comme graves, nous avons retrouvé les anomalies

signalées par nos devanciers, Williams et Hofer en particulier : ondes très lentes, δ en général, diffuses, revêtant volontiers un caractère rythmique dans les régions frontales ; association de ces ondes δ avec un rythme de base θ à 6-7 c : s ; disparition complète du rythme de base au profit des seules ondes δ ; présence de pointes-ondes localisées revêtant parfois un caractère rythmique. Nous avons rarement trouvé des pointes de haut voltage. Le mécanisme de ces altérations serait initialement une dépolarisation massive des membranes des cellules nerveuses. La dépolarisation provoque une décharge électrique susceptible de demeurer localisée ou de diffuser rapidement. Du fait de la dépolarisation, les électrolytes, tels l'acétyl-choline, passeraient librement dans le milieu ambiant ; il se produirait une véritable réaction en chaîne. La lésion fonctionnelle au début deviendrait anatomique et, de ce fait, irréversible. Le blocage de la conduction axonale s'opposerait, par contre, à cette évolution.

Sur la foi de cette conception, nous avons tenté de réaliser ce blocage par l'introduction de novocaïne en solution à 1 % par voie intraveineuse, dont M. Leriche a montré l'usage et les résultats dans la pathologie du système sympathique, et dont la pratique neurochirurgicale fait depuis longtemps un large emploi dans la prévention des complications post-opératoires. Le contrôle des effets de cette méthode thérapeutique fut assuré par l'enregistrement électroencéphalographique. Chez nos blessés, après un long tracé de repos pris dans de multiples montages, nous avons injecté de 20 à 40 cm³ de novocaïne à la vitesse de 20 cm³ en 90 s. L'enregistrement fut pris pendant l'injection et les 15 mn suivantes.

Voici nos résultats ; ils portent sur 18 observations :

1° Quatre blessés n'ont pas subi de modifications appréciables de leur tracé. Trois d'entre eux qui présentaient des anomalies localisées ont guéri ; le 4° qui avait un tracé très perturbé de façon diffuse avec des ondes très lentes à 1 c : s est mort très rapidement.

2° Douze blessés qui ne présentaient aucun signe clinique de lésions en foyer ont eu un tracé transformé favorablement par la novocaïne. Cette transformation a été variable : diminution de l'amplitude des ondes lentes, ou disparition partielle de celles-ci sauf dans les régions frontales, ou disparition totale avec naissance d'une onde α .

Cette transformation fut parfois spectaculaire, se prolongeant jusqu'à 15 mn, sans modifications importantes de l'état clinique :

- huit de ces blessés ont guéri ;
- quatre sont morts malgré la thérapeutique par la novocaïne faite en perfusion et en dépit de l'amélioration enregistrée sur les tracés.

3° Deux blessés ont eu leur tracé aggravé par l'injection de novocaïne. Nos observations enseignent que l'injection de novocaïne chez les trau-

matés crâniens ne modifie pas le tracé électroencéphalographique lorsque les anomalies de celui-ci sont localisées.

Son action s'exerce électivement sur les anomalies diffuses traduisant l'existence d'une souffrance basale. Dans notre brève expérience, cette règle n'a souffert qu'une exception chez un blessé qui succomba rapidement, sans doute en raison de lésions irréversibles.

Dans ces notions, il est permis d'apercevoir un moyen d'individualiser les lésions traumatiques focales et la souffrance des formations basales. Cependant, dans un cas d'hématome cérébral, nous avons vu les anomalies s'effacer par la novocaïne, pour peu de temps il est vrai.

En dehors du procédé d'analyse qu'elle représente, la novocaïne intra-veineuse peut-elle prétendre à une action thérapeutique? Nous le pensons, encore que sur les 12 blessés dont elle améliora le tracé, quatre aient succombé; les huit autres en furent bénéficiaires. Cette méthode mérite en conséquence de s'inscrire parmi les moyens dont dispose la thérapeutique actuelle des traumatisés crâniens dont la gravité est authentifiée par des anomalies électriques de caractère diffus.

La séance est levée à 16 h.

L. B

